

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGÉNIEUR D'ÉTAT ET DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER

**OPTION : GESTION ET PROTECTION DU LITTORAL**

**Étude de faisabilité d'un endiguement au niveau de  
l'embouchure de l'Oued El Hamiz contre les crues et les  
inondations**

Réalisé par :

- **BENNOUIOUA Djouhaina**
- **KOURTA Salim**

Soutenu le **06 juillet 2022** devant le jury suivant :

Mr OTMANI. H	MCB, ENSSMAL	Président
Mr BELKESSA. R	Professeur, ENSSMAL	Promoteur
Mme MOUHOUBI. N	Docteur, LEM	CO-promotrice
Mr FERNANE. L	MAA, ENSSMAL	Examineur
Mme BOUDOUMA. Z	Ingénieur, LEM	Examinatrice



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGÉNIEUR D'ÉTAT ET MASTER EN SCIENCES DE LA MER

**OPTION : GESTION ET PROTECTION DU LITTORAL**

**Étude de faisabilité d'un endiguement au niveau de  
l'embouchure de l'Oued El Hamiz contre les crues et les  
inondations**

Réalisé par :

- **BENNOUIOUA Djouhaina**
- **KOURTA Salim**

Soutenu le **06 juillet 2022** devant le jury suivant :

Mr OTMANI. H	MCB, ENSSMAL	Président
Mr BELKESSA. R	Professeur, ENSSMAL	Promoteur
Mme MOUHOUBI. N	Docteur, LEM	CO-promotrice
Mr FERNANE. L	MAA, ENSSMAL	Examineur
Mme BOUDOUMA. Z	Ingénieur, LEM	Examinatrice

## REMERCIEMENTS

Nous adressons en premier lieu notre reconnaissance à **ALLAH** notre **DIEU** tout puissant, de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous profitons à travers cet écrit, pour remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de notre projet de fin d'études.

Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promoteur, le professeur **Rabah BELKESSA** pour l'aide qu'il nous a apportée, pour sa patience et la disponibilité dont il a fait preuve à notre égard et de son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer et améliorer le travail, nous le remercions vivement et nous espérons que nos efforts et nos résultats ont été à la mesure de son attente.

Nous tenons également à présenter nos sincères remerciements à **Madame Nour El Imen MOUHOUBI**, ingénieur au laboratoire des études maritimes à Alger (LEM), et Co-promotrice de notre mémoire, pour son suivi, ses conseils, son soutien, et la confiance qu'elle nous a accordée.

J'adresse également mes vifs remerciements aux membres du jury :

- **Mr OTMANI.H** qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury

**Mme BOUDOUMA ; Mr FERNANE**, d'avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury et dont les critiques me serviront sûrement.

Nous finissons par un immense merci à nos parents qui nous ont soutenus pendant toutes notre vie.

## *DÉDICACES*

*C'est avec une grande gratitude et des mots sincère, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à :*

*Mes chers parents, mon papa **Nadir** et ma maman **Dahbia** qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite.*

*Ma grand-mère **Khaira (Lomima)** pour son soutien et ses encouragements durant toute ma vie.*

*Mon grand-père **Belkacem Allah yrahmo**. Qui me tout donné. J'aurai aimé, que tu sois présent aujourd'hui.*

*J'espère qu'un jour, je pourrai leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que dieu leur prête bonheur et longue vie.*

*Je dédie aussi ce travail à mon cher mari **Nabil**, ma sœur **Assil**, mes frères **Sofiane** et **Taym**, mes meilleures **Hadjer**, **Chahinez** et **Sara**.*

*A toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin pour aboutir à l'achèvement de ce travail.*

***Djouhaina.***

## *DÉDICACES*

*C'est avec une grande gratitude et des mots sincère, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à :*

*Mes chers parents, mon papa **ABEDERAHMAN** et ma maman **NADIA** qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite.*

*J'espère qu'un jour, je pourrai leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que dieu leur prête bonheur et longue vie.*

*Je dédie aussi ce travail à mes sœurs **Bilinda**, **Lydia** et **Salma**, mon frère **Mohamed**, mes meilleures **Iline** et **Amilya**.*

*À toute mes amis surtout **Mira**, **Sofiane** et **Rachida**.*

*A toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin pour aboutir à l'achèvement de ce travail.*

***Safim.***

Table des matières :

Remerciements

Dédicaces

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des acronymes

Introduction générale .....	1
Chapitre I : Généralités .....	4
Des définitions générales : .....	5
1. Situation géographique : .....	9
1.1. Localisation de la zone d'étude : .....	9
2. Cadre géologique : .....	12
2.1. Réseau hydrographique : .....	13
2.2. Couvert végétal : .....	14
2.3. Paramètre de relief : .....	14
3. Cadre climatique : .....	14
2.4. Le vent : .....	15
2.5. Les températures : .....	15
2.6. Les précipitations : .....	16
4. Occupation du sol : .....	17
4.1. Population : .....	17
4.2. Agriculture : .....	18
4.3. Aménagements : .....	18
Chapitre II : Matériels et méthodes .....	21
Introduction du chapitre .....	21

I. Etude bathymétrique .....	21
II. Evolution du trait de cote.....	22
1. Matériel utilisé dans ce travail.....	22
2. Méthodologie.....	24
III. Modélisation numérique avec MIKE 21 .....	29
III.1. Étude de la réfraction de la houle .....	29
1. Principe de calcul de la réfraction de la houle.....	29
2. Donnée de base.....	29
3. Choix du secteur .....	31
III.2. Étude hydro sédimentaire .....	32
1. Description du modèle de simulation MIKE.....	33
2. Présentation des modèles du logiciel MIKE 21.....	33
3. Principales étapes de la simulation par le progiciel MIKE 21.....	34
<b>CHAPITRE III : Résultats et discussions .....</b>	<b>37</b>
Introduction du chapitre .....	37
I. Etude bathymétrique .....	37
II. Evolution du trait de cote.....	39
1. Variation de la ligne de rivage.....	40
• Période 2015 à 2017 : .....	41
• Période 2017 à 2019 : .....	42
• Période 2019 à 2021 : .....	44
III. Etude de la réfraction de la houle .....	46
• Réfraction de la houle de direction Nord 360° .....	46
• Réfraction de la houle de direction Nord 315° .....	47
• Réfraction de la houle de direction Nord 20° .....	47
IV. Etude hydro-sédimentaire .....	48
1. Etat initiale (sans jetée) : .....	49
2. Etat actuelle (avec la jetée) : .....	56

Conclusion du chapitre : .....	63
<b>CHAPITRE IV : Solution d'aménagement.....</b>	<b>66</b>
Introduction du chapitre : .....	66
1. Analyse des simulations numériques après l'implantation des ouvrages : .....	66
2. Solutions proposées (épis) : .....	66
3. Vérification de l'efficacité de la solution proposée : .....	69
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>78</b>
Références bibliographiques : .....	79
Annexes .....	81
Résumé .....	92

# LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude (embouchure de l'Oued El Hamiz).....	10
Figure 2: Extrait de la carte géologique (taille réduite) du 1/50 000 d'Alger (1964). .....	13
Figure 3 : Rose des vents au large de la baie d'Alger (LEM, 2009).....	15
Figure 4:Variation des températures maximales, moyennes et minimales de la station de Dar El Beida période (1996-2016), (ONM, 2017).....	16
Figure 5: Cumuls mensuels des précipitations de la station de Dar El Beida (période 2006-2016) (ONM, 2017) .....	17
Figure 6: image des constructions sur les rives de l'Oued El Hamiz réalisé avec Google Earth, année 2022. ....	18
Figure 7: Aménagement du cours au niveau de l'aéroport. (Belkebir.R,2011). ....	19
Figure 8: Barre d'outils de DSAS .....	23
Figure 9: Fenêtre ArcGIS montrant la méthode de cartographie multi-dates avec les entités de l'extension DSAS.....	25
Figure 10: les transects générés.....	27
Figure 11 : Tableau des calculs sur Excel .....	28
Figure 12: Carte des points d'extraction de la réfraction de la houle. ....	30
Figure 13 : Secteurs de houles dominants dans la zone de Oued El Hamiz.....	32
Figure 14 : Maillage du domaine de travail .....	35
Figure 15: Carte bathymétrique avec les deux profils de la zone d'Oued El Hamiz (réalisé à l'aide du logiciel SURFER). ....	38
Figure 16: Profil bathymétrique 01 .....	38
Figure 17: Profil bathymétrique 02 .....	39
Figure 18 : Les images Google Earth de la zone d'Oued El Hamiz (2015, 2017, 2021).....	39
Figure 19 : Évolution de la ligne du rivage dans la région de l'Oued El Hamiz durant les années 2015/2017/2019/2021. ....	40
Figure 20: Transects et trait de côte de 2015-2017. ....	41
Figure 21: Variation d'EPR du trait de côte selon les transects de 2015-2017 au niveau de l'embouchure d'Oued El Hamiz. ....	41
Figure 22: Transects et trait de côte de 2017-2019. ....	42

Figure 23: Variation d'EPR du trait de côte selon les transects de 2017-2019 au niveau de l'embouchure d'Oued El Hamiz. ....	43
Figure 24: Transects et trait de côte de 2019-2021. ....	44
Figure 25: Variation d'EPR du trait de côte selon les transects de 2019-2021 au niveau de l'embouchure d'Oued El Hamiz. ....	44
Figure 26: Carte de la réfraction de la houle de direction N 360°, Période $T_p=13.58s$ et de hauteur significative de $H_s= 7.87m$ (Réalisé à l'aide du logiciel Mike21). ....	46
Figure 27: Carte de la réfraction de la houle de direction N 315°, Période $T_p=12.60s$ et de hauteur significative de $H_s= 6.65m$ (Réalisé à l'aide du logiciel Mike21). ....	47
Figure 28: Carte de la réfraction de la houle de direction N 20°, Période $T_p=13.58s$ et de hauteur significative de $H_s= 7.87m$ (Réalisé à l'aide du logiciel Mike21). ....	47
Figure 29: Champs des houles MWD 360° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	49
Figure 30: Champs des courants MDW 360° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	50
Figure 31: Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 360°. ....	50
Figure 32: Champs des houles MWD 315° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	52
Figure 33: Champs des courants MWD 315° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	52
Figure 34: Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 315°. ....	53
Figure 35: Champs des houles MWD 20° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	54
Figure 36: Champs des courants MWD 20° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	55
Figure 37: Dynamique sédimentaire de l'embouchure 20° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	55
Figure 38: Champs des houles MWD 360° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	56
Figure 39: Champs des courants MWD 360° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	57
Figure 40: Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 360°. ....	57
Figure 41: Champs des houles MWD 315° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	58
Figure 42: Champs des courants MWD 315° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	59
Figure 43: Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 315°. ....	59
Figure 44: Champs des houles MWD 20° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	61
Figure 45: Champs des courants MWD 20° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. ....	61
Figure 46: Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 20°. ....	62
Figure 47: Résultats de réfraction de la houle Nord 360° incidente à l'embouchure d'Oued EL Hamiz avec l'implantation de 2 épis. ....	70

Figure 48: Résultats de courantologie de la houle Nord 360° incidente à l’embouchure d’Oued EL Hamiz avec l’implantation de 2 épis.....	70
Figure 49: Résultats de transport sédimentaire de la houle Nord 360° incidente à l’embouchure d’Oued EL Hamiz avec l’implantation de 2 épis.....	71
Figure 50: Résultats de réfraction de la houle Nord 315° incidente à l’embouchure d’Oued EL Hamiz avec l’implantation de 2 épis.....	72
Figure 51: Résultats de courantologie de la houle Nord 315° incidente à l’embouchure d’Oued EL Hamiz avec l’implantation de 2 épis.....	73
Figure 52: Résultats de transport sédimentaire de la houle Nord 315° incidente à l’embouchure d’Oued EL Hamiz avec l’implantation de 2 épis.....	73
Figure 53: Résultats de réfraction de la houle Nord 20° incidente à l’embouchure d’Oued EL Hamiz avec l’implantation de 2 épis.....	74
Figure 54: Résultats de courantologie de la houle Nord 20° incidente à l’embouchure d’Oued EL Hamiz avec l’implantation de 2 épis .....	75
Figure 55: Résultats de transport sédimentaire de la houle Nord 20° incidente à l’embouchure d’Oued EL Hamiz avec l’implantation de 2 épis .....	75

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Caractéristiques générales d'Oued El Harrach et El Hamiz (ANRH.2014) .....	11
Tableau 2: Données de houles annuelles.....	30
Tableau 3: Données de houles extrêmes .....	31
Tableau 4: Résultat numérique de la réfraction de la houle .....	46
Tableau 5: Caractéristiques de la houle retenues pour le module SW. ....	48
Tableau 6: Les fonctions des différents éléments d'un épi. ....	69

# LISTE DES ACRONYMES

<b>ANRH</b>	Agence Nationale des Ressources Hydriques.
<b>DSAS</b>	Digital Shoreline Analysis System
<b>EPR</b>	End Point Rate
<b>LEM</b>	Laboratoire des Études Maritimes.
<b>ONM</b>	Office National de Météorologie.
<b>SSMO</b>	Summary of Synoptic Meteorological Observation
<b>ZH</b>	Zéro Hydrographique
<b>APD</b>	Avant-Projet Détaille
<b>SW</b>	Spectral Wave
<b>HD</b>	Hydrodynamics
<b>ST</b>	Non-Cohesive Sediment Transport
<b>Hs</b>	Hauteur significative
<b>Tp</b>	Période de retour
<b>DRE</b>	Direction des ressources en eau
<b>CERC</b>	Concurrent Engineering Research Centre

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

### Introduction générale

L'avenir d'un pays est dans la maîtrise de son patrimoine Eau-Sol pour un développement durable.

L'eau peut être une aubaine comme elle peut être une source de problèmes ; elle engendre des situations contradictoires d'une fois de pénuries et d'autre fois d'inondations. Pour ce dernier cas, sa gestion a une importance capitale dans le développement de l'occupation du territoire. Les inondations enregistrées dans le monde entrent 1996 et 2006 provoquant ainsi des dégâts estimés à 500 000 de personnes décédées et de 600 milliards de dollars de pertes économiques. **(Labioud.C, 2017).**

En Algérie, les inondations sont considérées comme l'une des catastrophes naturelles les plus nombreuses dont plusieurs étaient dévastatrices.

Un exemple frappant de ce générique est celui des inondations de Bab El Oued (Alger) en Novembre 2001 où plus d'un millier de personnes ont péri, enseveli dans la boue. Sur 2,6 Mm<sup>3</sup> d'eau ruisselée, un volume de 800 000 m<sup>3</sup> de sédiments arrachés au bassin a transité. **(Labioud.C,2017).**

La partie aval de l'oued El Hamiz est confrontée à de fréquentes inondations, liées à un débordement de l'oued lors des événements pluvieux exceptionnels. Ces dix dernières années, on observe une fréquence accrue, presque annuelle et une amplitude élevée des inondations, provoquant des dégâts matériels importants.

L'intérêt est associé à la protection des habitations, des terres cultivables de la zone d'étude contre les risques d'inondations et contre l'érosion des berges. Pour cela, nous avons procédé à élaboration d'une étude d'aménagement de l'embouchure d'Oued El Hamiz en vue de répondre aux questions.

Afin d'atteindre nos objectifs, nous avons divisé ce travail en plusieurs chapitres à savoir:

**Chapitre I** : Généralités sur la zone d'étude ;

Le but de ce chapitre est de faire une description complète de la zone d'étude et son cadre géographique, géologique, et climatique.

### **Chapitre II** : Matériel et méthodes ;

Cette partie est destinée à la méthodologie sur laquelle ce travail est, ce chapitre énumère donc les différentes méthodes et techniques d'analyse utilisées lors de cette étude.

### **Chapitre III** : Résultats et discussions ;

Ce chapitre porte sur l'étude diachronique du trait de côte et l'étude hydrodynamique et les simulations des modèles du Mike21 avec une interprétation des résultats obtenue.

### **Chapitre IV** : Solution d'aménagement ;

L'objectif de ce chapitre est de présenter des probables solutions qu'on suggèrera afin de déduire la meilleure approche a adopté d'après notre étude.

Le travail est clôturé par une conclusion générale.

## **CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS**

### Chapitre I : Généralités

#### Généralités sur l'hydrologie :

Les cours d'eau représentent, pour les riverains, à la fois une richesse et une menace (**Bravard et Petit, 1997**). Cette dualité a longtemps été considérée comme globalement bénéfique, mais aujourd'hui il semble que cet équilibre se soit rompu. (**Djebali.K, 2015**).

Parmi les quatorze risques majeurs répertoriés par l'ONU (l'Organisation des Nations Unies), le risque d'inondation en Algérie fait partie des dix risques majeurs présents sur le territoire et cités par la loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable (**J.O.R.A., 2004**). Il est en deuxième position après les séismes et les risques géologiques dans le classement national des risques majeurs, vu l'ampleur des dégâts matériels et immatériels engendrés. (**Nouri.M, et al ,2016**).

Pour réduire les dommages causés par les inondations et pour assurer la sécurité des biens et des personnes, il faut une parfaite identification des régions présentant le risque d'inondabilité et des facteurs favorisant ou amplifiant l'ampleur des dégâts et des pertes engendrées par ces catastrophes. La détermination des débits des crues du projet reste un outil précieux pour le dimensionnement des ouvrages de protection contre les inondations.

La protection contre le risque 'inondations' est une action importante pour le développement durable. Une protection appropriée contre les crues était, est et restera une condition fondamentale pour une société avertie (Office Fédéral des Eaux et de la Géologie- OFEG, 2001). Depuis toujours, l'homme a aménagé les cours d'eau et a développé des systèmes d'assainissement urbain et agricole afin de réduire les risques d'inondation. Les mesures prises pour une réduction de la vulnérabilité sont le plus souvent des mesures structurelles : réalisation d'endiguement, de recalibrage, de rectification, etc. Néanmoins, ces aménagements ont souvent des incidences perverses à l'aval (**Djebali.K, 2015**).

L'Algérie connaît des inondations fréquentes causant de gros dégâts humains et matériels, telles que celle de Bab El Oued en 2001, Ghardaïa en 2008 et El Bayadh 2011.

La région Algéroise de par son urbanisation importante et la concentration de la population est vulnérables aux inondations. Le bassin versant d'oued el Hamiz connaît des inondations

fréquentes. Les crues historiques les plus importantes datent déjà de 1958 lorsqu'une inondation a atteint Rouïba ville, suivi d'un débordement de l'oued el Hamiz. La hauteur de la lame d'eau a atteint 80cm. En Mars 1973, l'inondation a touché la région de Rouïba, provoquée par le débordement de l'oued Hamiz. La lame d'eau a atteint environ 50 à 60 cm. La crue de 2003 a été importante détruisant les habitations sur son passage, induisant des centaines de sinistrés (**Belkebir.R,2011**).

De nombreuses recherches se sont donc attachées, depuis plus d'un siècle, à essayer de comprendre les processus de génération des débits et le fonctionnement du bassin versant qui représente l'entité hydrologique de production et de concentration des écoulements.

### **Des définitions générales :**

Les différents concepts et définitions sur la thématique des inondations ont été développés par de nombreux chercheurs, Masson et Delorme (**Belkebir.R,2011**).

- 1. Une inondation :** C'est la submersion (rapide ou lente), d'une zone qui peut être provoquée de plusieurs façons, par des pluies importantes en intensité, ou encore par débordement des eaux hors du lit mineur suite à une crue. Les eaux occupent alors le lit majeur du cours d'eau.

**Une crue :** correspond à l'augmentation du débit d'un cours d'eau, dépassant plusieurs fois le débit moyen. Il existe différents types d'inondation selon leurs origines :

#### **1.1. Les inondations dites « pluviales » :**

Elles peuvent concerner les zones de stagnation des eaux de pluies, en particulier en zone urbaine, l'état et la capacité du réseau d'évacuation pluviale sont souvent le facteur déterminant des inondations des quartiers les plus bas. Les zones de dépression sont aussi concernées. Ces zones qui ne peuvent offrir aux eaux de pluies, d'autres exutoires que l'infiltration dans le sous-sol ou l'évaporation, peuvent se trouver inondées sans qu'il existe de relation avec un cours d'eau. Il en est de même pour les zones à pente faible (cas bien souvent des zones littorales) où l'évacuation ne peut se faire que très lentement. (**Belkebir.R,2011**).

#### **1.2. Le débordement des cours d'eau :**

Une inondation peut avoir lieu quand une rivière déborde, suite à une crue, donc le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur, alors il envahit des vallées entières. Un autre cas de débordement (indirect), est celui des eaux qui remontent à travers les nappes alluviales, dans des réseaux d'assainissement, localisés dans des points bas (par effet de siphon). Le

débordement indirect d'un cours d'eau, peut être causé aussi par la rupture d'un système d'endiguement (barrage) ou autre, ouvrages de protection. (Belkebir.R,2011).

### 1.3. La crue torrentielle (ou éclair) :

Elle se forme par enrichissement du débit d'un cours d'eau en matériaux solides, qui accroissent très fortement son pouvoir érosif. L'enrichissement en matériaux peut provenir de l'arrachement des berges, dû au débit anormal du cours d'eau, ou à un ruissellement important sur le bassin versant amenant une importante charge solide. Ce type de crue affecte les petits bassins versants d'une dizaine de Km<sup>2</sup> de superficie ; exemple : crue de Bab El Oued (novembre 2001)

**1.4. Les ruptures d'embâcles ou barrages :** Le risque de rupture de barrage concerne un ouvrage comportant à la fois un réservoir d'une capacité égale ou supérieur à 15 millions de m<sup>3</sup>, avec une digue d'une hauteur d'au moins 20 m. La situation de rupture est liée à une dégradation de l'état de l'ouvrage, qui peut être alors constatée par les mesures de surveillance, ou bien la conséquence d'un choc sismique très violent, qui se répond avec des accélérations inattendues des ondes sismiques au niveau de la digue (cas de la rive droite du barrage Hamiz, séisme de 21 mai 2003).

### 1.5. Risque d'inondation :

Un risque est défini comme la convolution d'aléa non maîtrisable et de la vulnérabilité des ouvrages, sous la forme suivante :

$$\text{Risque} = \text{aléa} \times \text{vulnérabilités.}$$

- **Le risque :** dépend d'un événement ou d'un phénomène soudain de type incendie, explosion..., résultant de l'activité humaine ou d'un phénomène naturel (inondation, séisme, mouvement de terrain...) et qui se manifeste par des pertes potentielles en vies humaines et les dommages sur les propriétés et l'héritage culturel dans une zone exposée à une menace d'un aléa naturel. (Belkebir.R,2011).
- **L'aléa :** C'est la probabilité qu'un phénomène naturel se produit dans une région caractérisée par une intensité et une période de retour.

- **La vulnérabilité** : fait référence à l'impact du phénomène sur la société, c'est justement l'accroissement de la vulnérabilité des enjeux qui augmente l'incidence des risques naturels. La vulnérabilité concerne depuis l'aménagement du territoire, jusqu'à la structure des bâtiments, et dépend fortement de la réponse de la population face à la catastrophe. **(Belkebir.R,2011).**

### **2. Les critères d'identification des zones inondables :**

Les différents lits du cours d'eau : lits mineur, moyen, majeur constituent la plaine alluviale fonctionnelle. Et le terme « fonctionnelle » signifie active (par rapport au cours d'eau) et c'est la partie inondable. Cette dernière est donc délimitée par des formes non actives qui sont soit héritées du fonctionnement passé du cours d'eau (les terrasses alluviales ancienne) soit des formes et formations qui peuvent être liées à la présence du substrat ou à la présence d'un versant, et c'est les unités non inondables. **(Belkebir.R,2011).**

#### **2.1.Les unités fonctionnelles (unités inondables) :**

**Lit mineur** : C'est le lit le plus facilement identifiable sur le terrain, il est occupé par les écoulements sauf dans quelques cas (climat aride ou subaride). Topographiquement c'est la zone la plus basse en altitude et chronologiquement c'est le dernier niveau de creusement de l'oued. On constate la présence d'un chenal d'étiage étroit, formant souvent des sinuosités.

Les cours d'eau méditerranéens présentent des débits de crue importants et des débits d'étiage très faibles.

**Lit moyen** : Le lit moyen succède transversalement au lit mineur, ils sont séparés par un talus. Topographiquement, c'est un niveau situé à une altitude comprise entre celle du lit mineur et celle du lit majeur. Il est modelé par les crues fréquentes qui influent sur sa granulométrie (éléments fins et grossiers).

Il se présente en surface horizontale ou subhorizontale présentant une topographie très irrégulière. Cette irrégularité est due à la présence de chenaux de crue formés par les courants provenant du lit mineur. On le reconnaît aussi grâce à la végétation qui peut permettre d'identifier facilement le lit moyen puisqu'il est généralement caractérisé par la présence d'une ripisylve dense et développée.

« La compétence est beaucoup plus faible dans le lit moyen et la différence avec le lit mineur est d'autant plus grande que la végétation est abondante dans le lit moyen ». **(Masson et al.1996).**

**Le lit majeur :** Le lit majeur succède transversalement au lit moyen. Le lit majeur, en profil transversal, est une surface horizontale ou subhorizontale, séparée du lit moyen par un talus. Il est caractérisé par des profils transversaux très réguliers, à la topographie faiblement inclinée.

Sa morphologie est en général beaucoup plus simple que celle d'un lit moyen. Il n'est recouvert que par les crues les moins fréquentes et les courants qui atteignent cette surface sont généralement faibles. La lame d'eau est donc bien moins importante que dans les lits moyen et mineur, ce qui ne permet pas le transport d'éléments grossiers.

### 2.2. Les unités non fonctionnelles :

**Le talus :** Ce qui est déterminant dans l'étude hydro-géomorphologique d'un cours d'eau, c'est la présence du talus, généralement net, qui sépare les unités fonctionnelles de l'encaissant. C'est donc par l'étude de ce talus qu'il est fait référence à l'encaissant. Il peut s'agir d'un talus d'érosion souvent abrupt, mais qui peut être masqué par des matériaux liés à l'évolution de l'encaissant (terrasse alluviale ou substratum généralement) et en particulier par des apports colluviaux. Par déduction, les unités non fonctionnelles sont des terrasses, des versants rocheux ou des colluvions.

**Les terrasses alluviales :** Les terrasses alluviales sont des niveaux topographiques plus ou moins anciens, qui sont le témoin de l'hydrodynamisme passé et la trace morphoclimatiques. De ce fait, ces surfaces ne sont plus soumises à la dynamique fluviale (non fonctionnelles), donc elles ne sont plus inondables et délimitent la plaine fluviale (**Campy et Macaire, 1989**).

**Le versant :** Dans le cas d'une vallée encaissée ; les versants rocheux sont plus ou moins abrupts et sont taillés dans le substratum. Les colluvions sont des dépôts de versant. Leur nature lithologique est variée et liée au substrat d'où elles sont arrachées. Sans structure nette, sont très hétérométriques et, leur matrice est fine et abondante. Elles sont très souvent polygéniques (**Campy et Macaire, 1989**). Elles masquent parfois le substratum en pied de versant, et recouvrent des niveaux de terrasses. Elles introduisent souvent une incertitude quant à la limite de la zone inondable puisque le contact entre le lit majeur et la terrasse n'est plus net (marqué par un talus). Souvent le colluvionnement se traduit par de longs versants de raccordement.

**Les colluvions :** Ce sont des matériaux divers issus de l'érosion des versants, des montagnes, des collines, qui glissent le long des pentes par l'effet de la gravité ou de l'érosion hydrique et s'accumulent sur les pieds de versants.

Les colluvions sont constituées de matériaux de différentes natures, qui reflètent la lithologie des versants d'où elles proviennent. On y trouve de nombreux cailloutis qu'on peut facilement différencier des galets des terrasses car ils ne sont pas émoussés, mais anguleux.

### **1. Situation géographique :**

#### **1.1. Localisation de la zone d'étude :**

La commune d'EL Hamiz est située à environ 15 Km à l'est d'Alger, avec une superficie de 32 Km<sup>2</sup>.

Communes limitrophes d'EL Hamiz :

- Du Nord par la commune Bordj EL Bahri.
- De l'est par la commune de Rouïba.
- De l'ouest par les communes Bordj EL Kiffan et Bab Ezzouar.
- Du sud par la commune de Dar EL Beida.

La zone d'étude est située dans la partie avale d'oued el Hamiz. Elle fait partie du sous bassin versant portant le même nom. Ce bassin versant est localisé dans la partie nord orientale de la plaine de la Mitidja, il est délimité au nord par la mer Méditerranée, au sud par l'atlas Blidéen, à l'est par le sous bassin versant d'oued Réghaïa et enfin à l'ouest par le sous bassin versant d'oued el Harrach. Cette zone est située entre la latitude 36°43' et 36°47', au Nord et la longitude 3°13', et 3°15', à l'Est. La partie étudiée s'étend de Khmis el Khechna en amont jusqu'à l'embouchure passant par « Hamiz » (Hai Enasr).

Donc la partie de l'oued concernée par cette étude c'est la partie avale (l'embouchure de l'Oued EL Hamiz).



**Figure 1:** Situation géographique de la zone d'étude (embouchure de l'Oued El Hamiz)

La partie avale de l'oued Hamiz est confrontée depuis les années 1921 à ce jour, à de fréquentes inondations, liées à un débordement direct de l'oued lors des événements pluvieux exceptionnels. Ces dix dernières années, on observe une fréquence accrue, presque annuelle et une amplitude élevée des inondations, provoquant des dégâts matériels importants et cela malgré les aménagements réalisés par endroit le long de l'oued (digues, gabions, rectification de l'oued) (D.R.E., 2011).

Cette zone présentant un contexte favorable aux inondations, en effet occupée par des constructions individuelles et précaires, implantées au niveau de l'embouchure de l'oued, le long des berges et parfois à l'intérieur de la zone des digues de protection.

L'Oued El Hamiz est un cours d'eau qui débouche sur la baie d'Alger, sous le nom d'Oued Arbatache dans sa première partie, il prend sa source du mont Djebel-Tamesguida, dans la chaîne de l'Atlas. Il prend son nom de Hamiz à partir de la grande plaine de la Mitidja, dont il draine l'extrémité orientale.

Il débouche dans la Méditerranée à Bordj El Bahri, ville périphérique côtière située à l'est d'Alger. Le Hamiz a pour affluent l'Oued Boueah.

Les oueds EL Harrach et EL Hamiz drainent respectivement les parties centrales et orientales de la Mitidja avant de se jeter dans la mer. Ces deux Oueds ainsi que leurs affluents sont des torrents à débit irréguliers. Dans leur cours inférieur, ils présentent une direction générale du Sud vers Nord (LEM,1996).

- **Oued El Harrach**

Le bassin versant de l'Oued EL Harrach couvre une superficie de 378 km<sup>2</sup>, c'est un bassin difficile d'accès caractérisé par une forte dénivelée, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. A ces facteurs érosifs s'ajoute le caractère torrentiel de l'Oued qui est en faveur d'un fort débit et d'un alluvionnement important. (LEM,1996).

- **Oued El Hamiz**

En ce qui concerne l'Oued EL Hamiz, la présence d'un barrage portant le même nom a largement réduit les apports solides vers la mer actuellement, l'Oued EL Hamiz se jette en mer par une ouverture étroite d'une trentaine de mètre de large. (LEM,1996).

**Tableau 1:** Caractéristiques générales d'Oued El Harrach et El Hamiz (ANRH.2014)

Oueds	EL Harrach	EL Hamiz
Communes traversées	Mohammadia-Mouradia-Husein Dey-ELHarrach-SidiMoussa-Birtouta-Saoula-OuledChbel-OuledFayt-BirMouradRais-GuedeConstantine-Echefa-Blida...	Rouïba-Dar EL Baida-Oued Essemar-Bordj EL Bahri-EL Hamiz-Eucalyptus-Bab Ezzouar-Bordj EL Kiffan-Ain Taya...
Orientations	Sud-Ouest	Nord-Ouest
Superficies (Km <sup>2</sup> )	378	86
Apports liquides Al (Hm <sup>3</sup> )	53	11
Apports solides As (m <sup>3</sup> /an)	107114	100226

## 2. Cadre géologique :

La connaissance de la géologie d'un bassin versant a pour objet de déterminer la perméabilité du substratum. Celle-ci intervient sur la vitesse de montée des crues, sur leur volume et sur le soutien apporté au débit d'étiage par les nappes souterraines.

Le bassin versant de l'oued El Hamiz est constitué essentiellement de la lithologie suivante :

- **Le Plaisancien :**

Il est formé principalement de marnes bleues et localement de bancs de grès faiblement glauconite, il affleure uniquement dans les collines du sahel au cœur d'un plissement anticlinal, dans la zone de Khemis El Khechna et Réghaia où il constitue la fermeture Est du bassin. Cet étage peut atteindre une épaisseur de 100m, mais elle diminue rapidement vers le sud. **(Belkebir.R,2011).**

- **L'astien :**

La formation de l'astien, qui comprend une variété de lithologie associée à une sédimentation marine de hauts fonds, est bien développée sur le côté sud de la Mitidja.

Les lithologies les plus communément rencontrées sont des calcaires sableux, des grès, des argiles, calcaires jaunes et calcaires à faciès récifal. La base de l'astien est marquée par une couche glauconieuse. Cette série d'une épaisseur moyenne se situant entre 100 et 130m se trouve à des profondeurs allant de 250 à 300m au-dessous de la surface du sol de la Mitidja. A l'est de Rouïba, la formation de l'astien se rencontre à des faibles profondeurs et son épaisseur a été réduite par l'érosion. **(Belkebir.R,2011).**

- **Le soltano-tensiften :(formation de la Mitidja)**

Cette formation recouvre la totalité de la plaine sur une épaisseur de 100 à 200m et diminue vers les bordures de l'atlas de la baie d'Alger. L'ensemble présente des variations de granulométrie dans le sens horizontal et dans le sens vertical. Elle se compose principalement de matériaux alluviaux grossiers : gravier, limons, argiles et galets. **(Belkebir.R,2011).**

- **Le rharbien-actuel :**

Les dépôts intéressent une fraction peu importante de remplissage du bassin oriental de la Mitidja. Ils englobent les dépôts suivants :

- Dépôts de sables dunaires qui se localisent essentiellement dans la région de Réghaïa et la baie d'Alger, sur 20 à 40m d'épaisseur. **(Belkebir.R,2011).**

-dépôts de piémont de l'atlas formés d'éléments anguleux et de couches de gravier.

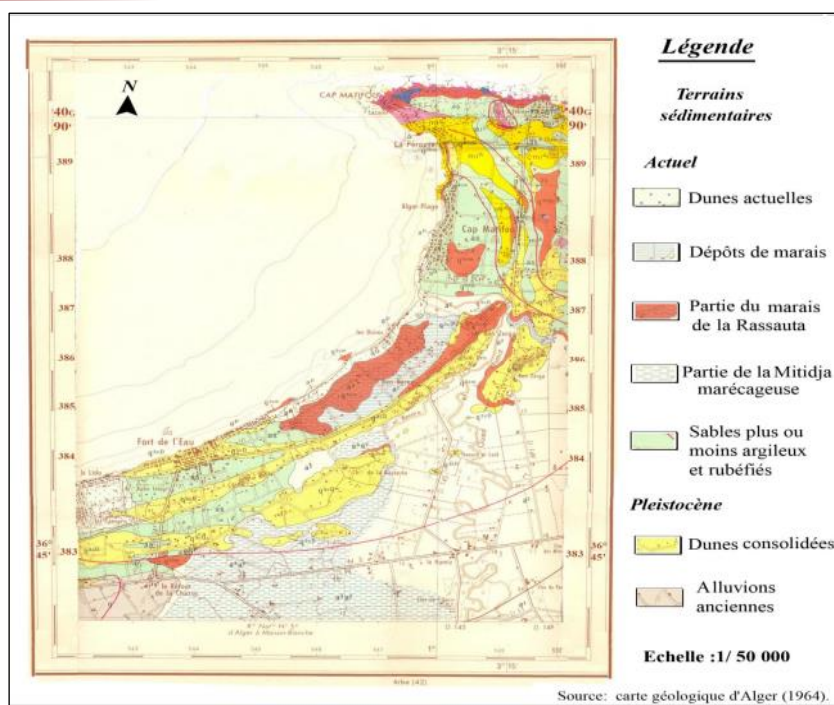


Figure 2: Extrait de la carte géologique (taille réduite) du 1/50 000 d'Alger (1964).

### 2.1. Réseau hydrographique :

Oued El Hamiz est alimenté par deux oueds en aval, Oued Bacora et oued Bouréah qui sont secondaires et intermittents :

- **Oued Bouréah** : Cet oued secondaire intermittent, dont l'écoulement se fait pendant la saison des pluies, rejoint l'oued el Hamiz. Cet oued reçoit aussi les eaux usées de la cité Dergana. (Belkebir.R,2011).
- **Oued Bacora** : C'est un oued intermittent, qui draine les eaux de surface des terrains agricoles avoisinantes et se déverse également dans l'oued el Hamiz, cet oued sert aujourd'hui comme exutoire aux nouveaux lotissements créés anarchiquement ces dernières années. (Belkebir.R,2011).

Le bassin versant présente une faible densité de drainage 3.70 km/km<sup>2</sup>, ce qui traduit un faible écoulement superficiel et réseau hydrographique peu dense. Cette densité dépend du sol, du relief, de la végétation et du climat.

D'après les résultats obtenus pour le sous bassin versant Hamiz, la surface du bassin est de 160 Km<sup>2</sup>. La valeur du paramètre de forme,  $K=1.69$ , traduit une forme allongée, avec une longueur de 44.36km et une largeur de 6.37, la longueur est 6 fois plus grande que la largeur, ceci confirme la forme allongée du bassin, donc le temps de concentration des eaux de ruissellement à l'exutoire est lent. (Belkebir.R,2011).

### 2.2. Couvert végétal :

La végétation est un facteur primordial de protection du sol contre l'érosion, en surface elle freine le ruissellement, son action est multiple. Elle intercepte les gouttes de pluies en dissipant son énergie.

Dans le bassin versant le couvert végétal se répartit comme suit, il est de type forêts dans le bassin supérieur ; de type arbustive sur les pieds monts et de type herbacés et culturales dans la plaine. (Labioud.C,2017).

### 2.3.Paramètre de relief :

L'altitude moyenne est de 307.7 m, l'altitude médiane (alt. 50%) est de 250.5m et l'indice de pente globale de 0.21 montre que le sous bassin versant à un relief relativement faible. (Belkebir.R,2011).

## 3. Cadre climatique :

Les différents phénomènes météorologiques d'intérêt peuvent être caractérisés pour les besoins de l'étude à partir des observations enregistrées à la station climatologique Dar El Beida, située dans la zone d'étude au Sud-Est de Bordj El Kiffan à environ 6 Km et à une altitude de 24 m dans les coordonnées géographiques sont : latitude= 36°43N et longitude= 03°15 E.

Le bassin de l'Oued El Hamiz se situe dans une zone où le climat est méditerranéen soumis à l'influence de la mer et le relief. (Labioud.C,2017).

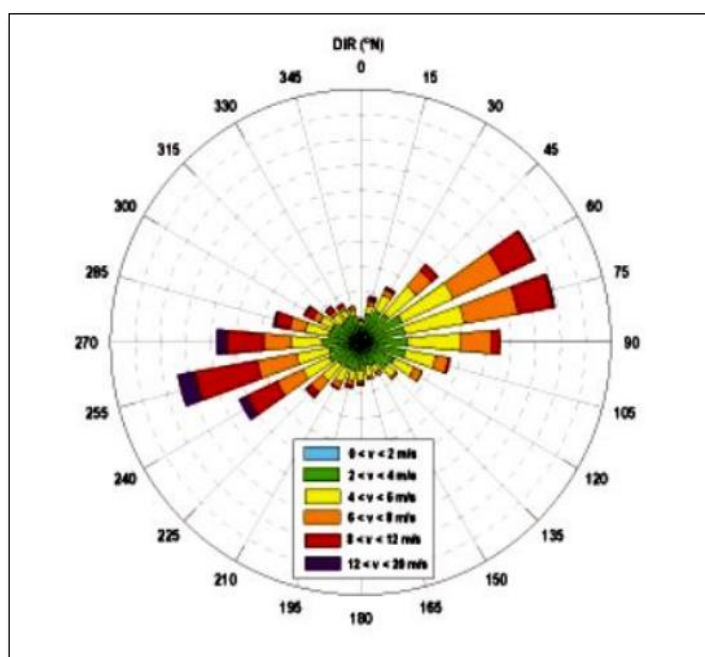
La zone d'étude connaît un climat méditerranéen par une saison pluvieuse s'étalant de septembre à Mai et un été sec. Ce littoral jouit d'un climat tempéré dû à l'action modératrice de la mer. L'amplitude diurne, au cours d'une année est inférieure à 10°C. Etant donné la proximité de la mer, le littoral connaît un degré hygrométrique élevé et constant durant toute l'année (LEM, 1996).

## 2.4. Le vent :

### • Le vent au large

La reconstitution du climat de vents a été établie à partir des données de MEDATLAS (1999-2004) en modèle numérique d'un point situé en Méditerranée à une profondeur dépassant 2500 m selon les coordonnées géographiques (3°00' E, 37°00'N).

Les résultats de cette étude mettent en évidence une prédominance des vents provenant des directions Est-Nord-Est et Ouest-Sud-Ouest, avec des vitesses maximales qui atteignent 20m/s pour les directions comprises entre 240° et 270°N. Aussi pour les directions comprises entre 45°et 90°N on observe des vitesses de vent qui atteignent 16 m/s. (LEM, 2009).



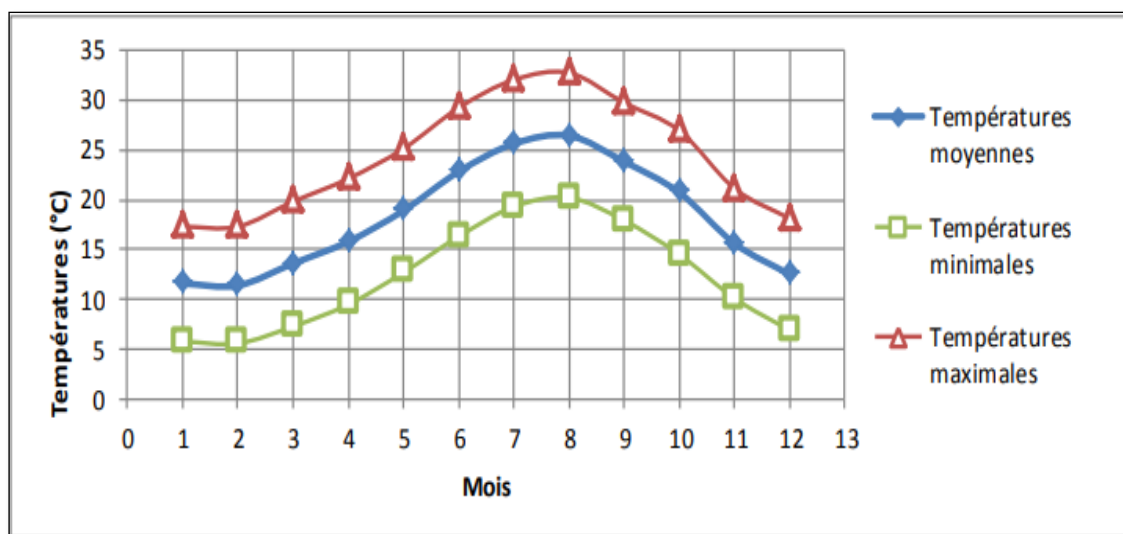
**Figure 3** : Rose des vents au large de la baie d'Alger (LEM, 2009)

## 2.5. Les températures :

Les données de température ont été acquises de l'Office National de Météorologie (1996-2016) de la station de Dar El Beida à une altitude de 25 m selon les coordonnées géographiques (3°13' E, 36°41'N).

L'analyse des températures moyennes mensuelles du littoral présente une période estivale caractérisée par des températures qui sont relativement élevées avec 22.8°C en Juin, 25.6°C

pour Juillet et 26.4°C au mois d’Août. Quant au mois le plus froid est celui de janvier avec 11.6°C. La valeur maximale de la température est enregistrée durant le mois d’Août avec une valeur de 32.7°C, tandis que la température minimale est enregistrée durant le mois de Janvier et qui ne dépasse pas 6°C.

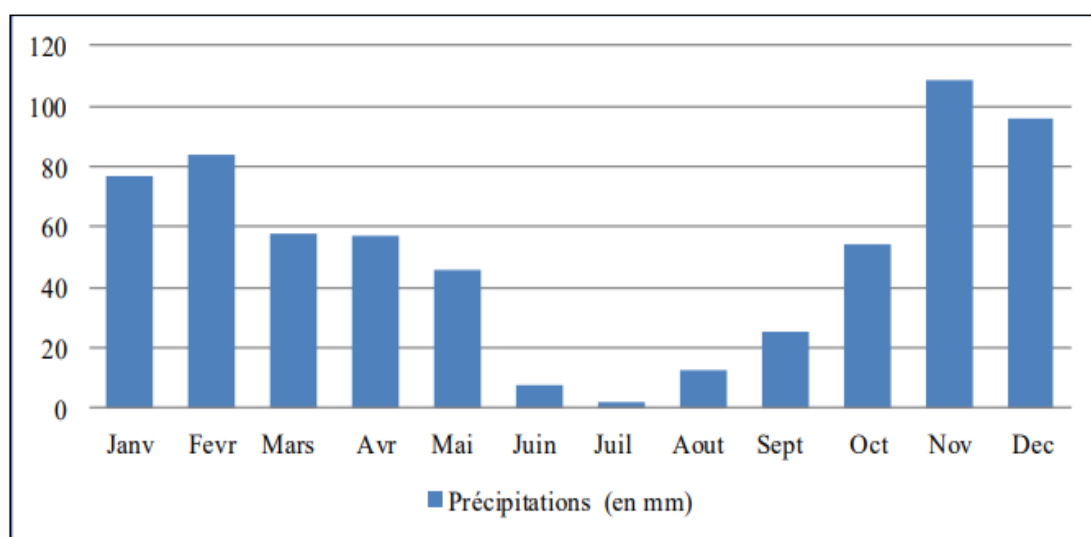


**Figure 4:** Variation des températures maximales, moyennes et minimales de la station de Dar El Beida période (1996-2016), (ONM, 2017)

## 2.6. Les précipitations :

La moyenne annuelle donnée par la station de Dar El Beida couvrant la période qui s’étale de 2006 à 2016 est de l’ordre de 625.3mm.

Les précipitations se concentrent de Septembre à Mai, avec un maximum hivernal de 108.2 mm en Novembre ; celles-ci diminuent progressivement dès le mois de Mai pour devenir faibles de juin à août avec un minimum de 1.8 mm en juillet.



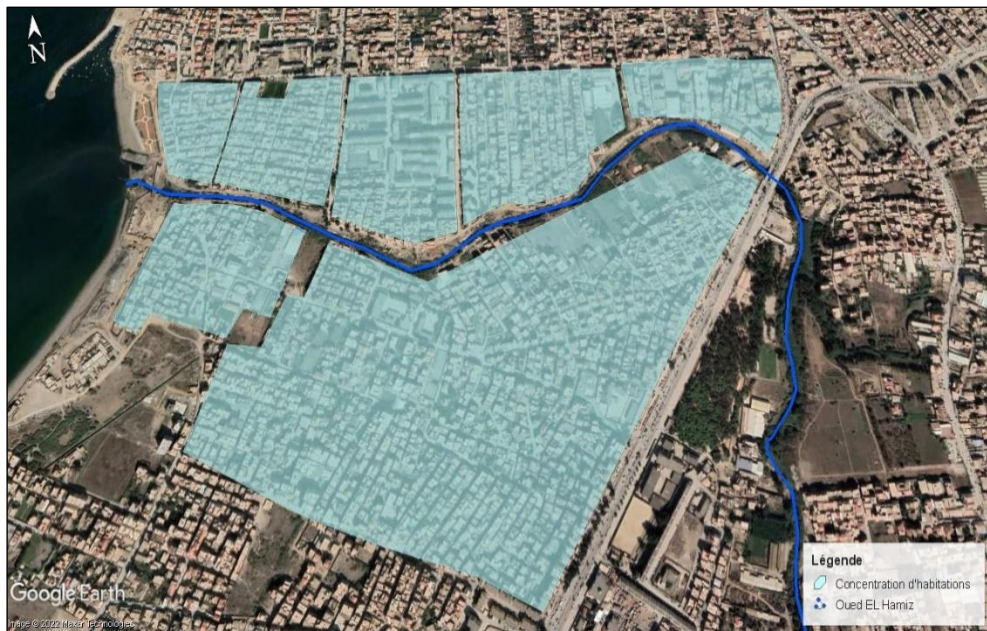
**Figure 5:** Cumuls mensuels des précipitations de la station de Dar El Beida (période 2006-2016) (ONM, 2017)

#### 4. Occupation du sol :

L'occupation humaine et les biens appartenant à des personnes ou à des collectivités (habitations, cultures, équipement, réseaux routiers etc...), sont les enjeux importants qui peuvent être menacés par un phénomène naturel tel que les inondations.

##### 4.1. Population :

La vulnérabilité est très élevée sur les rives de l'oued el Hamiz. Au niveau de Hai Enasr (APC de Rouïba) la population dépasse 8500 habitants recensés en 2008. Des habitations (illicites) dépassant les 8000 habitations sont toutes construites le long de l'oued, souvent sur le lit moyen. Le nombre de ces habitations augmente d'où la difficulté d'obtenir un recensement exact dans cette zone. Ces dernières années la zone d'el Hamiz est devenue un pôle commercial très important, elle est fréquentée quotidiennement par des dizaines de milliers de personnes. (Belkebir.R,2011).



**Figure 6:** image des constructions sur les rives de l’Oued El Hamiz réalisé avec Google Earth, année 2022.

#### 4.2. Agriculture :

L’agriculture est liée à la présence de terres fertiles et à la présence de la nappe d’eau, exploitée par des puits situés dans les exploitations agricoles. Les cultures sont représentées par le maraichage, des vignes et des orangers. Cette zone agricole est une zone inondable, elle est située au niveau du lit majeur. **(Belkebir.R,2011)**.

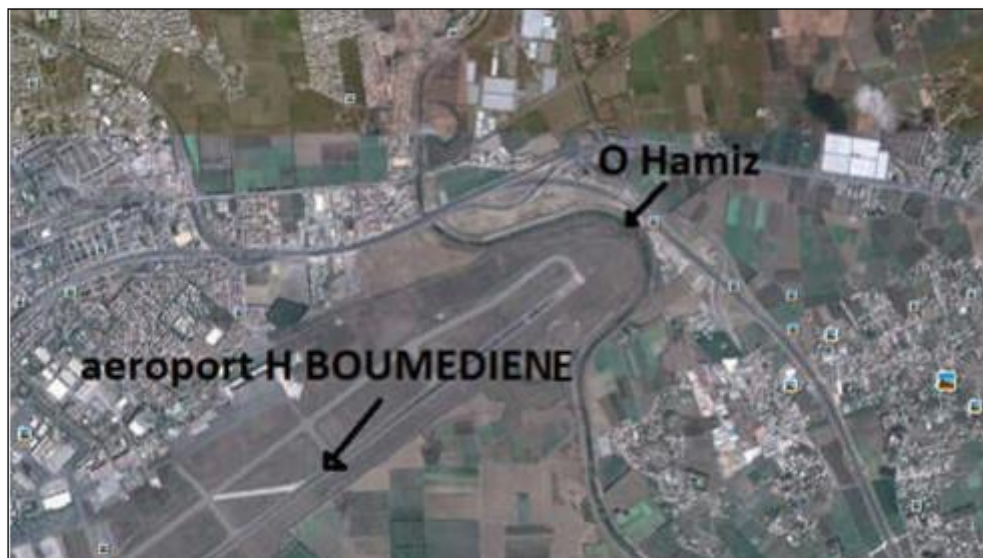
#### 4.3. Aménagements :

Des aménagements ont été réalisés par endroit sur les 15 derniers kilomètres de l’oued, à partir du pont de Hamadi jusqu’à l’embouchure, cette partie correspond à la zone inondable.

Deux pistes ont été élevées sur les terrasses, pour empêcher les débordements et sont utilisées comme voie de circulation. Cependant il a été remarqué que parfois le niveau de l’oued dépasse celui de la piste, ce qui provoque un débordement sur les terrasses occupées par des zones agricoles et par des habitations.

Des aménagements d’élargissement du lit de l’oued maintenu par des gabionnages, ont été réalisés, pour permettre un écoulement naturel de l’eau tout en respectant les unités topographiques, lit mineur, moyen, et majeur. **(Belkebir.R,2011)**.

Par endroit, l'oued a été détourné de son cours d'eau initial pour la réalisation de la piste d'atterrissage de l'aéroport Houari Boumediene. (**Figure 7**).



**Figure 7:** Aménagement du cours au niveau de l'aéroport. (Belkebir.R,2011).

Certains de ces aménagements, constructions des habitations et infrastructures routières ont favorisés le ruissellement au dépend de l'infiltration. Contribuant ainsi à augmenter la vulnérabilité de la zone d'étude à l'aléa inondation.

### Contexte de l'étude

Des études ont été réalisés au niveau du bassin versant Hamiz et des différentes analyses (statistique, topographique, et granulométrique) qui a été déjà faites par (BELKIBIR.R,2011), nous avons constaté que notre zone d'étude se porte uniquement au niveau de l'embouchure et pour mieux comprendre l'impact des inondations, La zone la plus vulnérable c'est la partie aval de l'Oued.

Cette partie est représentée par un relief ayant des pentes inférieures à 3%, ceci provoque une stagnation et une cumulation d'eau et ça devient des inondations.

**Chapitre II :**  
**MATÉRIELS ET MÉTHODES**

## Chapitre II : Matériels et méthodes

### Introduction du chapitre

Dans le cadre de la réalisation du projet de protection de l'Oued El Hamiz contre les crues et les inondations de la commune El Hamiz Wilaya d'Alger, de nombreuses études et investigations ont été réalisées sur terrain comme au laboratoire du (LEM). L'ensemble des techniques et méthodes utilisées afin d'aboutir la réalisation et la réussite du projet d'aménagement de l'Oued sont développées dans les chapitres ci-dessous :

### I. Etude bathymétrique

La bathymétrie côtière est basée sur une campagne de mesure détaillée réalisée dans le cadre de cette étude en **septembre 2015** par le **L.E.M.** Ces levés topo-bathymétriques de notre zone d'étude ont été complétés au large par une bathymétrie extrait de site navionics pour la superposés à l'aide de l'ArcGIS pour avoir une bathymétrie plus précise de notre zone d'étude.

Dans le cadre d'investigations des profondeurs bathymétriques de la zone de l'Oued El Hamiz, une étude bathymétrique est réalisée à partir d'un levé de 4151 points effectués selon des radiales parallèles entre elles et atteignant environ les 7 mètres de profondeur par le moyen d'un sondage à la lance.

**Surfer** : un logiciel complet de cartographie, de modélisation et de tracé de courbes de niveau et de surfaces en perspective, créé par la société Golden Software. Surfer transforme rapidement les données XYZ en cartes après améliorer ces cartes avec des profils.

### 1. Méthodologie d'acquisition de la bathymétrie

Le levé bathymétrique consiste à déterminer les coordonnées tridimensionnelles des points du fond marin dans le système géodésique WGS84 à l'aide d'un récepteur GPS et d'un échosondeur.

Le récepteur GPS cinématique en temps réel (RTK) permet de mesurer un point à quelques centimètres près. Cette précision verticale permet de déterminer les corrections du niveau de l'eau (corrections des marées au temps réel).

Donc pour la réalisation de cette tâche par GPS, il a été procédé à la mise en place du système suivant :

Une antenne GPS, qui reçoit les données des satellites, est fixée sur le point de référence. Le récepteur LEICA GS25 émet ces données par liaison radio au récepteur mobile à l'aide d'un modem interne et une antenne UHF.

Le récepteur mobile placé à bord de l'embarcation fonctionne en mode RTK (Real Time Kinematic, résolution des ambiguïtés en mode OTF). Il reçoit les données des satellites de la station de référence et fournit instantanément la position tridimensionnelle de l'antenne GPS.

L'embarcation est équipée d'une caisse métallique et d'un support vertical fixé sur le coté, qui maintient à la base le transducteur de l'échosondeur et en tête l'antenne GPS. Quel que soit la variation du plan d'eau, la longueur du support est constante, par conséquent tous les échos mesurés sont référencés par rapport à l'antenne GPS. La partie immergée du support ainsi que celle située hors de l'eau sont mesurées avant le début des levés.

Afin de connaître la morphologie sous marine de la zone d'étude, une Carte bathymétrique a été réalisé avec ces données de base avec plusieurs profils.

## **II. Evolution du trait de cote**

### **1. Matériel utilisé dans ce travail**

#### **1.1. Google Earth pro :**

Google Earth pro est une mappe monde virtuelle qui vous permet de Visualiser les images, enregistrées par des satellites, de la plupart des endroits de la Planète. C'est un logiciel qui contient des images de grande résolution de l'ordre de 30m à 60cm. Ces images sont issues d'entreprises de commercialisation d'images et sont archivées sur le serveur de Google Earth Pro qui est accessible par connexion à l'internet. Elles sont mises à jour au fur et à mesure.

#### **1.2. ArcGIS :**

Est un système complet de collecte, d'organisation, de gestion, d'analyse, de communication et de distribution d'informations géographiques. En tant que principale plate-forme mondiale pour le développement et l'utilisation de systèmes d'information géographique (SIG), des gens du monde entier utilisent ArcGIS pour utiliser les connaissances géographiques pour le gouvernement, les entreprises, la science, l'éducation et les médias. ArcGIS permet la publication d'informations géographiques afin que tout le monde puisse y accéder et les utiliser. ArcGIS est un système convivial destiné à répondre aux différents besoins des utilisateurs. Il regroupe des logiciels clients (ArcViewTM, ArcEditorTM, ArcInfoTM et ArcExplorerTM) et des logiciels serveurs (ArcSDETM et ArcIMSTM). **(Berger et al.2005).**

### 1.3.DSAS :

(Digital Shoreline Analysis System) : est un plugin développé par l'USGS (United States Geological Survey) disponible gratuitement qui fonctionne au sein du logiciel de Système d'information géographique ArcGIS d'ESRI (Environmental Systems Research Institute). Il calcule les statistiques de taux de changement pour une série chronologique de données vectorielles de trait de côte. Cet outil a été utilisé dans différentes études de mesure et suivi de la dynamique du trait de côte à travers le monde. (Thieler et Danforth, 1994 ; Faye, 2010 ; Touré et al., 2012 ; Kabuth et al., 2013 ; Castedo et al., 2015). L'extention DSAS est présenté comme suit



**Figure 8:** Barre d'outils de DSAS

- 1** : Définir / Modifier les paramètres : spécifiés les noms de fichiers pour les entrées de référence et de rivage et d'autres paramètres, tels que l'espacement des profils.
- 2** : transects Cast : génère une nouvelle (ou écrase un existant) classe d'entités des profils en fonction des paramètres par défaut spécifiés par l'utilisateur.
- 3** : Le menu déroulant : répertorie tous les fichiers de transect reconnus ajoutés au projet ArcMap actif.
- 4** : Calculer les statistiques : lance une boîte de dialogue peuplée avec une liste sélectionnable des statistiques de changement de taux à calculer.
- 5** : Clip transects à SCE : lance une boîte de dialogue offrant aux utilisateurs la possibilité de générer une copie du fichier de profils spécifié qui est accroché à l'enveloppe de changement de rivage (SCE) ou la distance maximale entre tous les rivages.
- 6** : Lance la fonction d'aide DSAS.
- 7** : A propos de DSAS : fournit des informations sur le logiciel, y compris le numéro de version (USGS, 2016).

## 2. Méthodologie

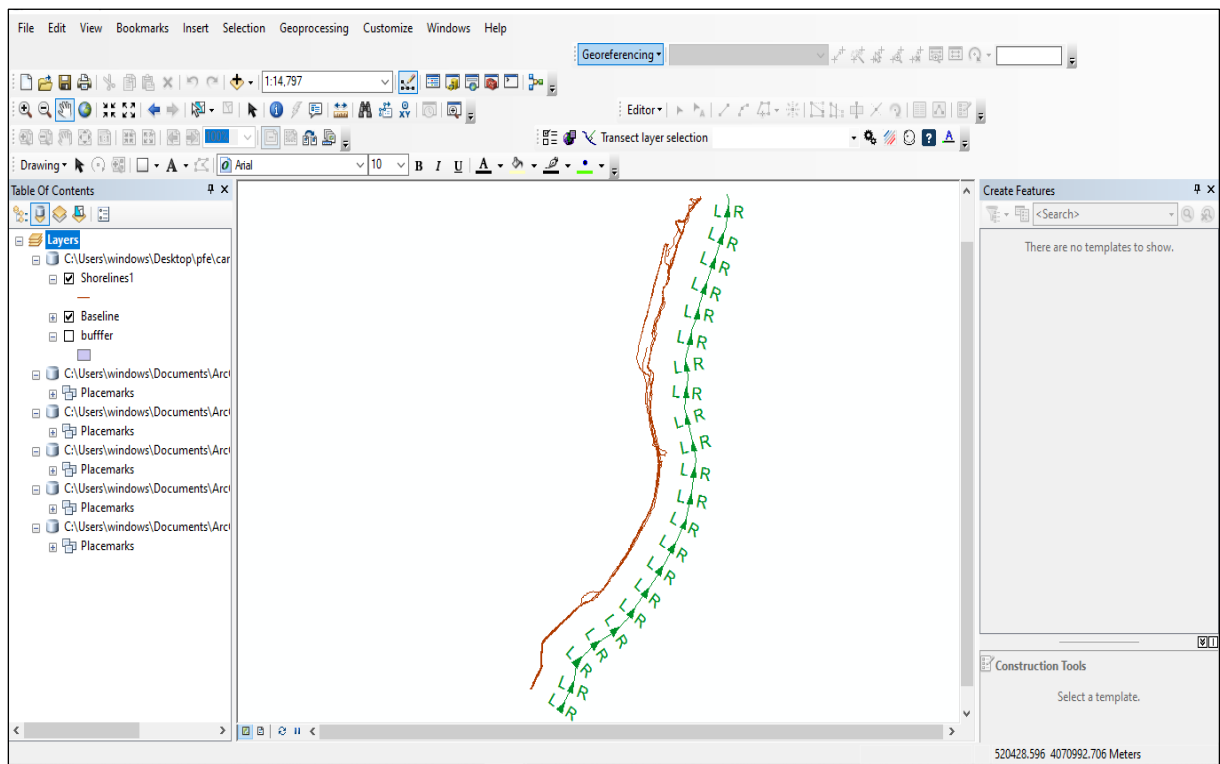
### 2.1.Méthode de la cartographie multi-dates :

Un fois l'utilisation des images satellitaires de Google Earth Pro a été approuvé et accepté par l'ensemble des collaborateurs. On a procédé au téléchargement des images fournis par Google Earth Pro, pour les périodes allant de 2015 à 2021, en tachant à avoir sur l'ensemble des images une résolution inférieur ou égale à 50 cm / pixel.

Une fois l'acquisition des images terminer, un travail de tri a été entamer. On a accepté que les images prisent durant les mois de septembre et Aout. Aussi (respecter les conditions du suivit du trait de côte à long terme), pour encore réduire les erreurs dus aux conditions météo ; on a éliminé toutes les images avec un déferlement de houle visible sur ses mêmes images.

Les travaux de numérisation ont été faits sur le logiciel ArcGIS 10.4, à partir duquel, les calculs statistiques des vitesses d'évolution du trait de côte sont effectués à l'aide de l'extension DSAS 4.3.

En effet, DSAS est une extension qui permet de faire des calculs sur les écarts des traits de côte déjà digitalisés à partir des images retenues.



**Figure 9:** Fenêtre ArcGIS montrant la méthode de cartographie multi-dates avec les entités de l'extension DSAS

### 2.2. Utilisation de l'extension DSAS pour l'analyse de l'évolution du trait de côte :

L'idée de base dans la détermination du déplacement de la ligne de cote d'Oued El Hamiz est de superposer les traits de cote numérisés, et de mesurer la distance entre eux à différents points le long du littoral. Cela permet de calculer des taux de changement annuels (en mètre par an).

Les mesures entre les traits ont été faites à l'aide de l'extension Digital Shoreline Analysis System (DSAS) spécialement conçu pour ce genre de travail et compatible avec le logiciel ArcGIS.

- **Géodatabase personnelle :**

Toutes les données entrées dans DSAS doivent être contenues dans une géodatabase personnelle qui doit contenir :

- **Un vecteur shorelines :**

Qui est la fusion de tous les traits de cote (2015,2017,2019,2021) avec l'outil "merge", en s'assurant que les tables attributaires de chaque trait de côte doit contenir les champs obligatoires : DATE, Uncy (uncertainty), Shape length

- **Un vecteur de ligne de base "Baseline" :**

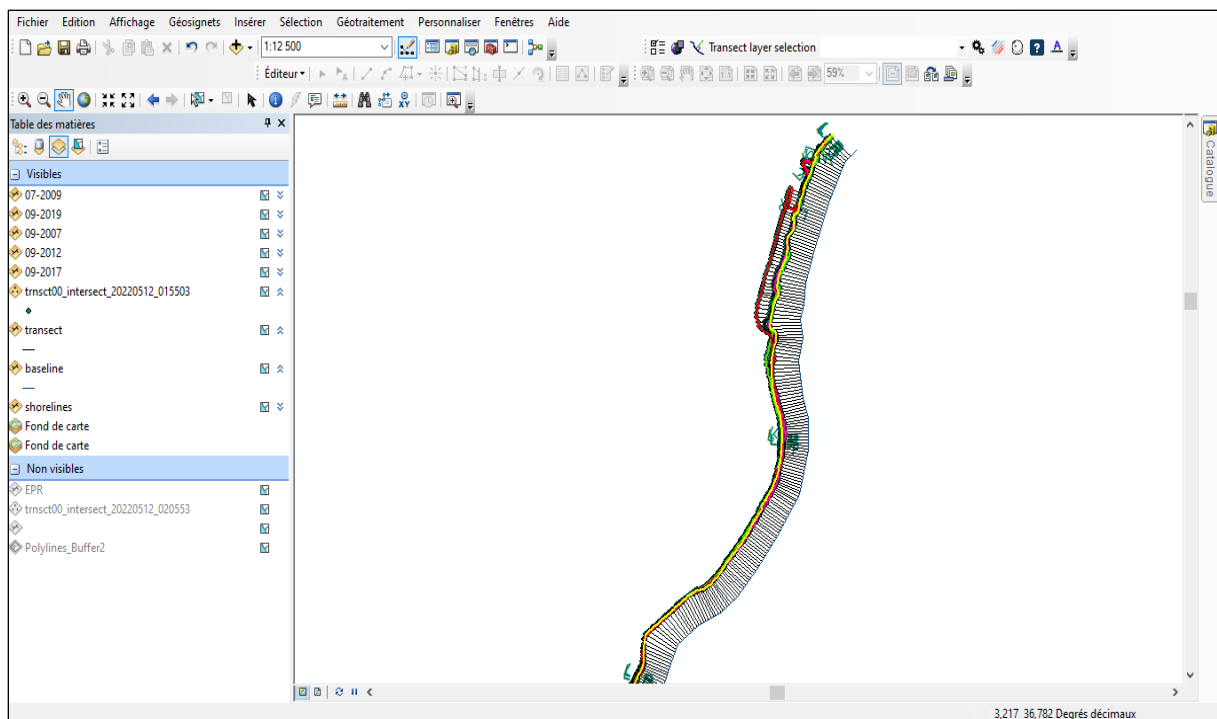
Est une ligne de base perpendiculaire aux traits de côte qui sert de référentielle pour le DSAS, elle peut être représenté de trois façons :

- **Offshore** : dans la mer.
- **Midshore** : entre-les traits de côte.
- **Onshore** : sur terre (le cas de notre étude).

Pour tracer la Baseline, ont créé un nouveau "feature class" puis on digitalise la ligne sur des points fixe sur la carte et perpendiculaire aux traits de côte.

- **Génération des transects :**

Après avoir établi une géodatabase personnelle contenant les Shoreline et la Baseline on les fais rentrer comme des inputs dans l'extension DSAS à fin d'avoir comme output des transects ; sur lesquels les statistiques calculés seront représenté.



**Figure 10:** les transects générés

- **Géoréférencement des cartes :**

Sur ArcMap on fait le géoréférencement les images exporter de google Earth pro et le système de projection est : "WGS\_1984\_UTM\_Zone\_31N".

- **Réglage des paramètres :**

Identifier les vecteurs Shoreline et Baseline comme entré dans la fenêtre "set Data paramètres" de l'outil DSAS. Sans oublier de préciser la distance entre les transects (10m) dans notre cas, la distance entre la Baseline et la Shoreline (500m), et un lissage de 100m. Et l'incertitude de 10 m a été attribuée aux traits de côte. Ainsi, nous avons utilisé DSAS version 5.1 sur ArcGIS 10.4 pour mesurer automatiquement les évolutions des lignes de référence à comparer, suivant des transects qui ont été générés à partir d'une ligne de base.

Le DSAS mesure les distances entre les points d'intersection des transects et des traits de côte, calcule les taux d'évolution le long de chaque transect et restitue les résultats sous forme de tables. A partir des statistiques récupérables dans les tables d'attributs, des courbes de variation du trait de côte ont été générées dans Excel.

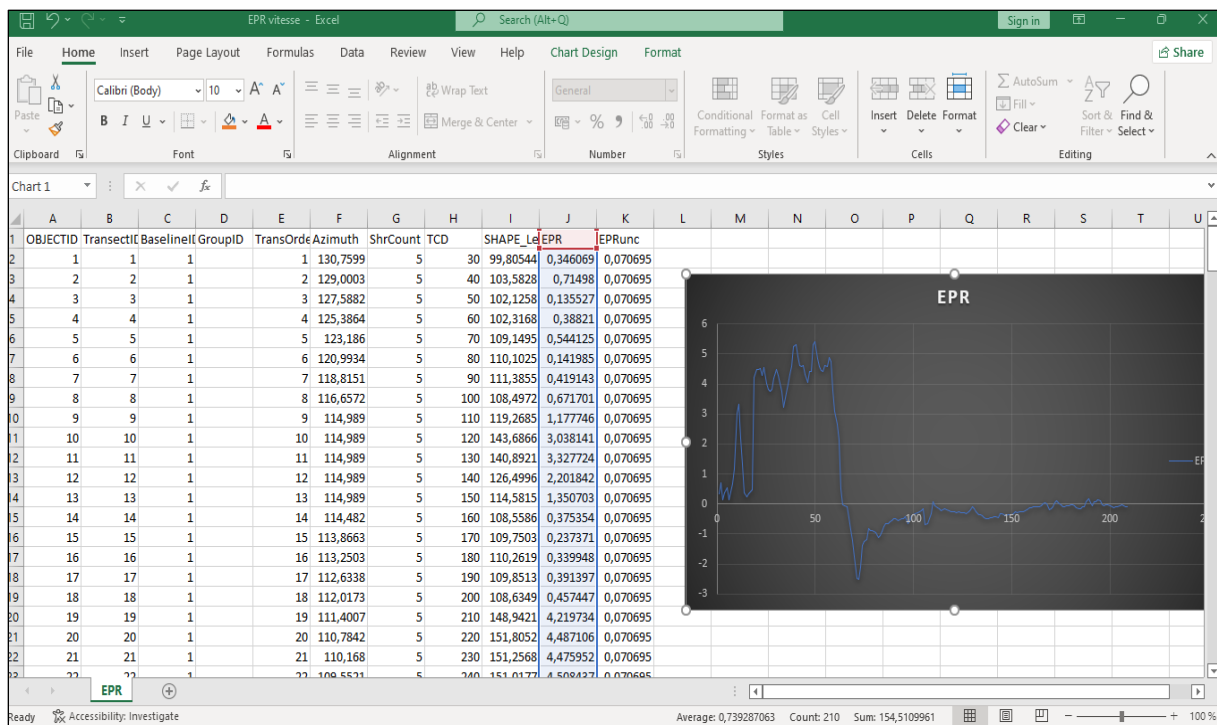


Figure 11 : Tableau des calculs sur Excel

En sortie, l’extension DSAS fournit 2 fichiers, l’un contient les caractéristiques des points d’intersection « Transects intersect » et l’autre contient les statistiques d’évolution « Transects rate » (EPR, NSM et LRR).

Nous avons utilisé essentiellement les statistiques suivantes :

**EPR’** *End Point Rate* ‘un taux calculé en divisant la distance du changement de trait de côte par le temps s’écoulant entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent Tel que

$$EPR = NSM / \text{Durée entre l'ancien shoreline et le récent}$$

Sachant que **NSM** ‘*Net Shoreline Movement* ‘qui indique la distance entre les traits de côte les plus anciens et les plus récents pour chaque transect.

### III. Modélisation numérique avec MIKE 21

#### III.1. Étude de la réfraction de la houle

L'étude de la réfraction de la houle a pour objet l'exploitation des caractéristiques de la houle au large pour définir les caractéristiques de la houle à la côte. Les données de la houle à la côte serviront de données d'entrée pour le dimensionnement des ouvrages maritimes.

##### 1. Principe de calcul de la réfraction de la houle

Connaissant la climatologie au large, il est possible d'établir une statistique de la houle au large. Cette statistique est ensuite propagée vers la côte en utilisant des fonctions de transfert calculées suivant la bathymétrie représentée suffisamment au large, dans les fonds où les houles ne sont pas réfractées. Le coefficient de réfraction est défini de la manière suivante :

$$K_r = \frac{\text{Hs à la cote}}{\text{Hs au large}}$$

Les calculs de la réfraction de la houle entre le large et la côte sont effectués par le modèle numérique MIKE 21 pour différentes conditions de houle au large (hauteur, période et direction). Le logiciel modélise la propagation de la houle en prenant notamment en compte les phénomènes de :

- Réfraction, sur les fonds et autour des ouvrages,
- Frottement sur le fond,
- Déferlement,

##### 2. Donnée de base

###### 2.1. Données bathymétriques

Dans cette étude de la réfraction de la houle nous avons utilisés une base de données bathymétrique composées de deux couches de données celle de la baie d'Alger (données bathymétriques de navionics digitalisées avec ArcGIS) avec une bathymétrie précise de notre zone d'étude issue de la campagne de reconnaissance sur site réalisée au mois d'**Aout 2015** par le **LEM** dans le Cadre de l'étude de protection et d'aménagement de l'Oued El Hamiz.

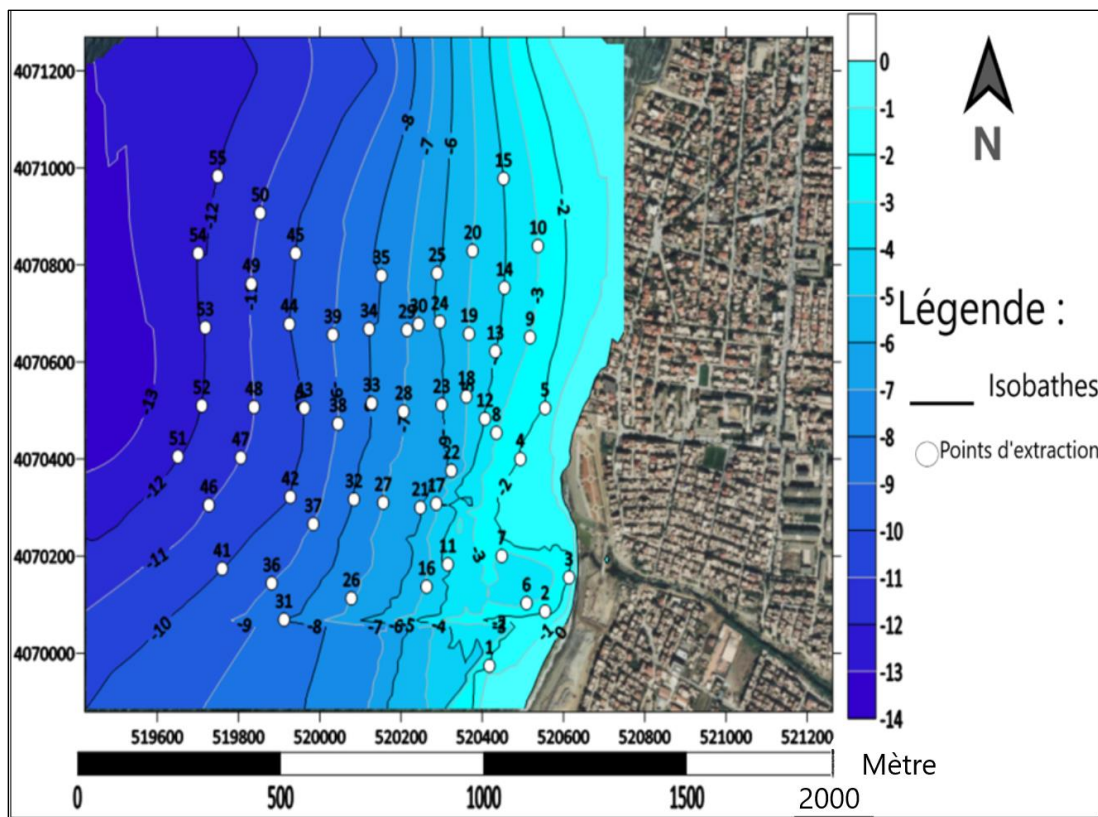


Figure 12: Carte des points d'extraction de la réfraction de la houle.

### 2.2. Données de houles au large

Les données de houle au large utilisées pour le calcul de réfraction de la houle au LEM sont celles du Summary of Synoptic Meteorological observations (SSMO) sur la période de 1963 à 1970. Un traitement statistique de ces données a permis de déterminer les fréquences d'apparition de houle par direction et par période.

Tableau 2: Données de houles annuelles

	N°315	N°360	N°20
Période de retour	Nord-Ouest	Nord	Nord-Nord-Est
Tp=8s	Hs= 2,64	Hs= 2,67	Hs= 2,56

Le traitement statistique de données du SSMO a permis de déterminer la probabilité de retour des houles biennuelles, quinquennale, décennale, vingtennale, cinquanteennale et centennale.

Les caractéristiques des houles extrêmes retenues pour la détermination des conditions de houles au pied des ouvrages de protection à projeter (dimensionnement des ouvrages) sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 3:** Données de houles extrêmes

	N°315		N°360		N°20	
	Nord-Ouest		Nord		Nord-Nord-Est	
	Tp	Hs	Tp	Hs	Tp	Hs
<b>Décennale</b>	11,42	5,40	12,37	6,38	12,23	6,23
<b>Vingtennale</b>	11,96	5,94	12,92	7,02	12,72	6,79
<b>Cinquantennale</b>	12,60	6,65	13,58	7,87	13,32	7,53
<b>Centennale</b>	13,05	7,18	14,02	8,50	13,73	8,08

### 3. Choix du secteur

Le secteur angulaire considéré correspond aux limites naturelles imposées, d'une part, par la configuration géographique du site d'étude, et d'autre part, par le secteur d'intérêt des houles du large.

Ainsi trois (03) directions ont été retenues en tenant compte des tableaux de fréquence par direction des houles au large ainsi que l'incidence de ces houles par rapport à la zone d'étude :

- Une direction approximativement perpendiculaire à la côte pour mesurer les effets d'une houle frontale de secteur Nord Ouest (315°N).
- Deux directions obliques de secteur Nord (360°N 20°N).



**Figure 13** : Secteurs de houles dominants dans la zone de Oued El Hamiz

### III.2. Étude hydro sédimentaire

La modélisation numérique hydrodynamique permet d'évaluer l'impact des ouvrages sur les paramètres physiques régnants (houle, trajectoire des courants et transport sédimentaire) d'une zone d'étude. Pour une configuration d'aménagement donnée, il s'agit de calculer l'incidence des ouvrages sur :

- La circulation hydrodynamique et de vérifier que les modifications de la trajectoire des courants sont acceptables, notamment vis à vis de la navigation
  - Le transport sédimentaire, par comparaison avec des conditions de référence, de manière à évaluer les dépôts sédimentaires susceptibles de se former à l'intérieur du port et à proximité.
- ✓ Dans notre étude, deux cas ont été testés :
1. Etat initiale (sans jetée).
  2. Etat actuelle (avec la jetée).

Le modèle numérique utilisé dans le cadre de cette étude est le MIKE 21 qui est un logiciel professionnel de modélisation numérique 2D des écoulements à surface libre, développée par

DHI Water & Environnement. Ce modèle simule la propagation de la houle, la courantologie et le transport sédimentaire résultant des sédiments non cohésifs avec respectivement les modèles SW, HD et ST pour les sédiments non cohésifs.

### 1. Description du modèle de simulation MIKE

Le Mike 21 est un logiciel destiné aux professionnels du génie côtier, il comporte plusieurs modes de calculs et de modélisation numérique en 2D, il est développé par le Danish Hydraulics Institute et se base sur un maillage structuré (grille rectangulaire ou curviligne) ou, pour certains modules, sur un maillage non structuré (grille triangulaire) (DHI, 2014).

La modélisation de la dynamique sur un domaine côtier, doit tenir compte des courants induits par la marée et les houles.

Les modèles du Mike 21 sont :

- Mike 21-SW « Spectral Wave Flexible Mesh » pour le calcul de la réfraction de la houle
- Mike 21-HD « Hydrodynamics » pour la simulation des champs de courants engendrés par la houle
- Mike 21-St « Non-Cohesive Sediment Transport » pour la simulation du transport sédimentaire

### 2. Présentation des modèles du logiciel MIKE 21

- **Modèle numérique spectral Wave (MIKE 21-SW) :** Modèle spectral de vague de 3ème génération similaire au SWAN, avec certaines améliorations. Il simule : la croissance des vagues en présence du vent, l'interaction vague-vague non-linéaire, la dissipation par le déferlement et par la friction sur le fond, la réfraction par les changements de profondeur et l'interaction vague-courant. Les calculs du modèle MIKE21-SW utilisent une grille à maillage flexible. Le modèle équivalent sur maillage en différence finie est le modèle MIKE21-NSW.
- **Modèle numérique hydrodynamique (MIKE 21-HD) :** Traite le frottement sur le fond, l'effet des événements météorologiques (vents et pression atmosphérique), et la force de Coriolis, etc.... Il nous permet de simuler les courants côtiers dû à l'action de la houle dans la zone de déferlement. Il fournit aussi les conditions hydrodynamiques aux autres modules de ce système tel que le Module MIKE 21-ST.

- **Modèle numérique de transport de sable MIKE 21-ST** : Le modèle MIKE 21-ST est un modèle numérique qui calcule les taux de transport de sédiment non cohésifs (Sable) sur le fond et en suspension sous l'action combinée des courants et des vagues. Ce modèle n'utilise que le modèle STPQ3D en cas de houle et des courants combinés. Les transports de sables sont déterminés par l'interpolation dans les tableaux de transport (**DHI, 2014**). Ces tableaux doivent être générés au préalable par « MIKE 21 Toolbox » avec le choix de « Generation of Q3D Sediment Tables ». Ils doivent intégrer une condition quelconque de bathymétrie, courant, houle, ou sédiment prédite par le module intégré (**DHI, 2014**).

### 3. Principales étapes de la simulation par le progiciel MIKE 21

Avant d'entamer la simulation il est important de créer un Mesh File, ce dernier relie la profondeur des eaux, extraite de données bathymétriques avec le système de référence ZH, à chaque point du domaine. Il contient donc les informations concernant la profondeur, les limites du mesh file (Boundary) et les éléments du maillage qui sont de type triangulaire plus serrés à la cote.

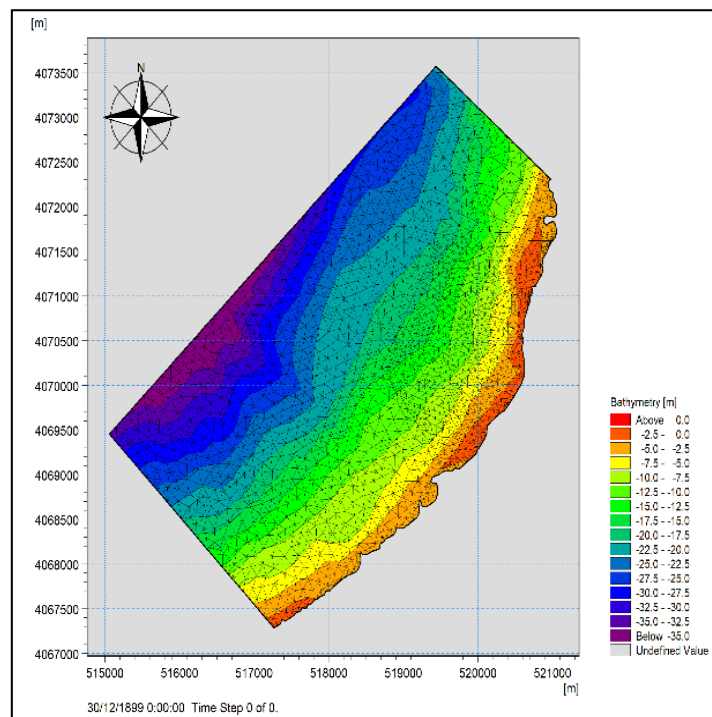
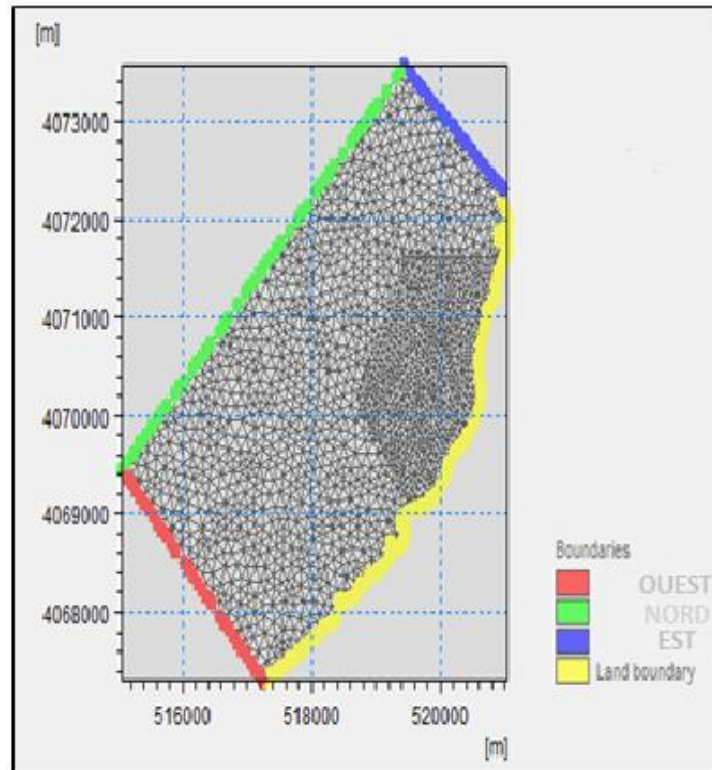


Figure 14 : Maillage du domaine de travail

Après la création du mesh file, on passe à la réalisation du SETUP qui contient les données de base de la simulation :

- En premier lieu, on fait rentrer notre domaine d'étude (mesh file), puis on précise la durée de simulation qui est de 24h avec un intervalle d'une heure, c'est-à-dire que chaque une heure on aura un résultat (Output).
- Puis on génère la table sédimentaire (Q3D Sediment Transport Table) qui permet de calculer les taux de transport des sédiments non cohésifs ( $m^3 /s/m$ ) en utilisant l'effet combiné des vagues et du courant, ceci pour le modèle numérique de transport de sable MIKE 21-ST.
- Enfin on termine la préparation des données de simulation en rentrant la hauteur, la direction et la période des différents houles au niveau du modèle numérique Spectral Waves (MIKE 21- SW).

Dans notre étude les données sédimentologiques utilisées sont issues des résultats des analyses granulométriques des échantillons de sédiments superficiels prélevés (100 unités) **en 2015**, dans le cadre de cette étude. Ces prélèvements ont fait l'objet d'une expertise sédimentologique. Les résultats de cette expertise sédimentologique ont été utilisés comme données d'entrée dans notre modèle de calcul de transport sédimentaire ST de la suite logicielle de Mike 21. Un sable de **diamètre médian 0.2 mm**, **d'écart type  $\delta g$  1.54** et de **porosité 0.4** est considéré sur l'ensemble du modèle.

**CHAPITRE III :**  
**RÉSULTATS ET DISCUSSIONS**

---

## CHAPITRE III : Résultats et discussions

### Introduction du chapitre

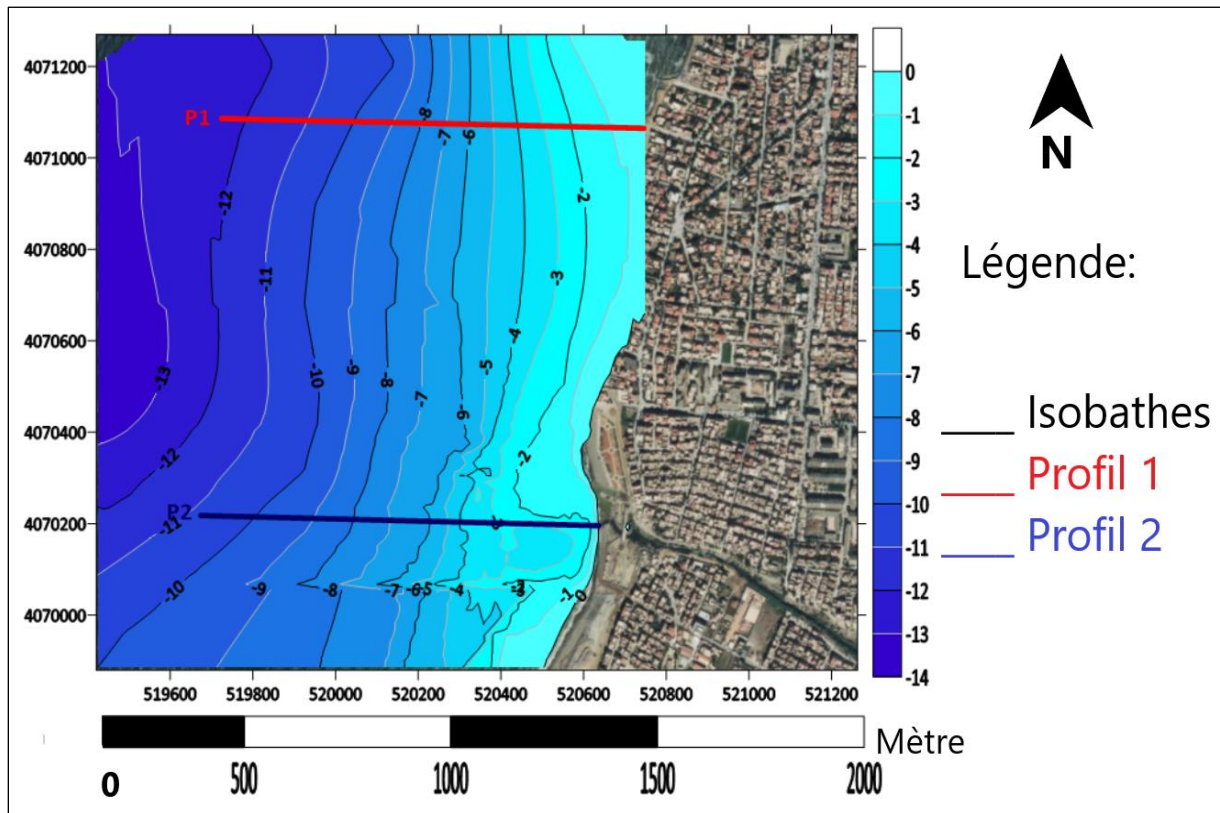
Ce chapitre est consacré en premier lieu à l'étude des principaux paramètres qui peuvent être à l'origine de ce phénomène d'érosion. Cette étude se base sur une analyse bathymétrique, des variations du trait de côte sous SIG, la réfraction de la houle et une analyse hydrodynamique. Nous présentons donc les résultats de cette analyse.

### I. Etude bathymétrique

Cette étude consiste à étudier au mieux la géomorphologie sous-marine et qui permet de donner une idée sur la forme du plateau continental, nous avons établis 2 profils représentatifs de la globalité de la zone. Pour chaque profil, une courbe illustre respectivement les observations de l'année 2015.

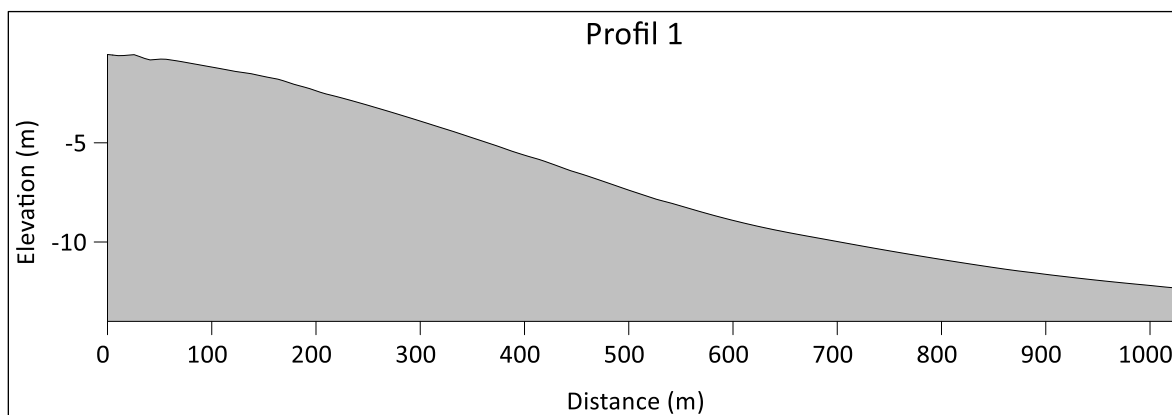
Les résultats de la campagne de sondages bathymétriques ont permis d'établir en premier lieu une esquisse bathymétrique et en second lieu le tracé de profils bathymétriques reflétant la topographie sous-marine.

La carte bathymétrique ci-dessous (**Figure 15**) révèle une morphologie sous-marine plus ou moins régulière à la cote mais qui tend à devenir régulière vers le large ; les isobathes sont plus ou moins parallèles à la cote et montrent un espacement inter isobathe qui s'élargie vers le large. Cet aspect traduit un fond marin qui s'adoucit en allant vers le large.



**Figure 15:** Carte bathymétrique avec les deux profils de la zone d'Oued El Hamiz (réalisé à l'aide du logiciel SURFER).

- **Profil 01 :**

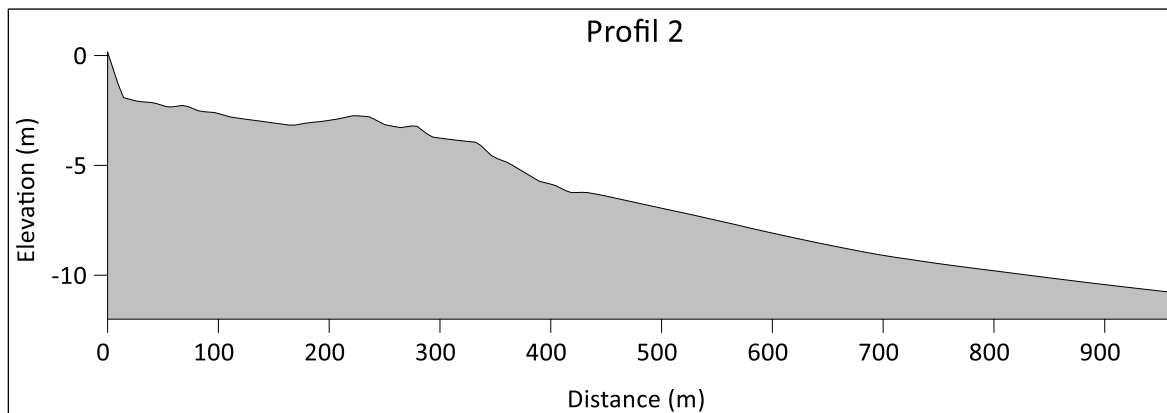


**Figure 16:** Profil bathymétrique 01

- **Commentaire :**

Le profil 01 est régulier ; il présente une pente douce égale à 2% jusqu'à la profondeur de -10 m au-delà, on note la présence d'une pente plus faible qui ne dépasse pas 1%.

- **Profil 02 :**



**Figure 17:** Profil bathymétrique 02

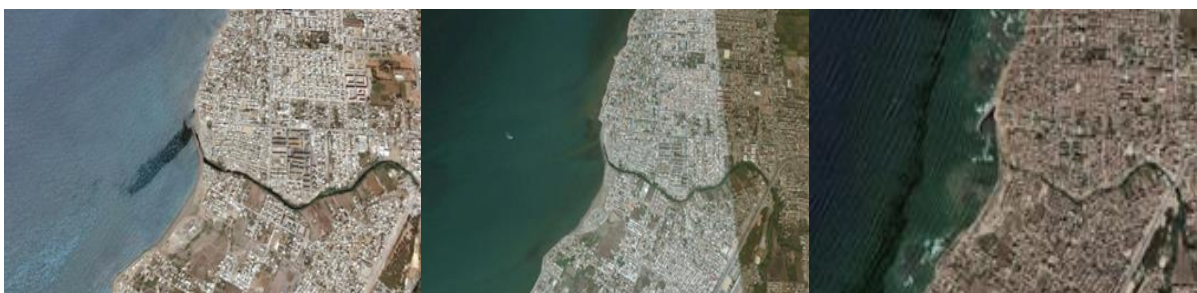
- **Commentaire :**

Le tracé du profil 02 est un profil irrégulier, on note la présence de déformations depuis la profondeur de -2m à -6,5m, qui pourrait représenter des rides sédimentaires due à la forte courantologie et au charriage des sédiments depuis Oued Hamiz. Après cette profondeur on peut dire que la pente devienne de plus en plus douce jusqu'au large avec l'existence des petites irrégularités dans le profil en général. A partir de ce profil, on constate que le fond subi des déformations sur sa forme près de l'exutoire.

## II. Evolution du trait de cote

Les données disponibles utilisées pour analyser l'évolution du trait de côte sont des images prises pendant la saison estivale (durant le mois d'Aout et septembre) pour le but de réduire les erreurs dus aux conditions météo, aussi on a éliminé toutes les images avec un déferlement de houle visible sur ses mêmes images.

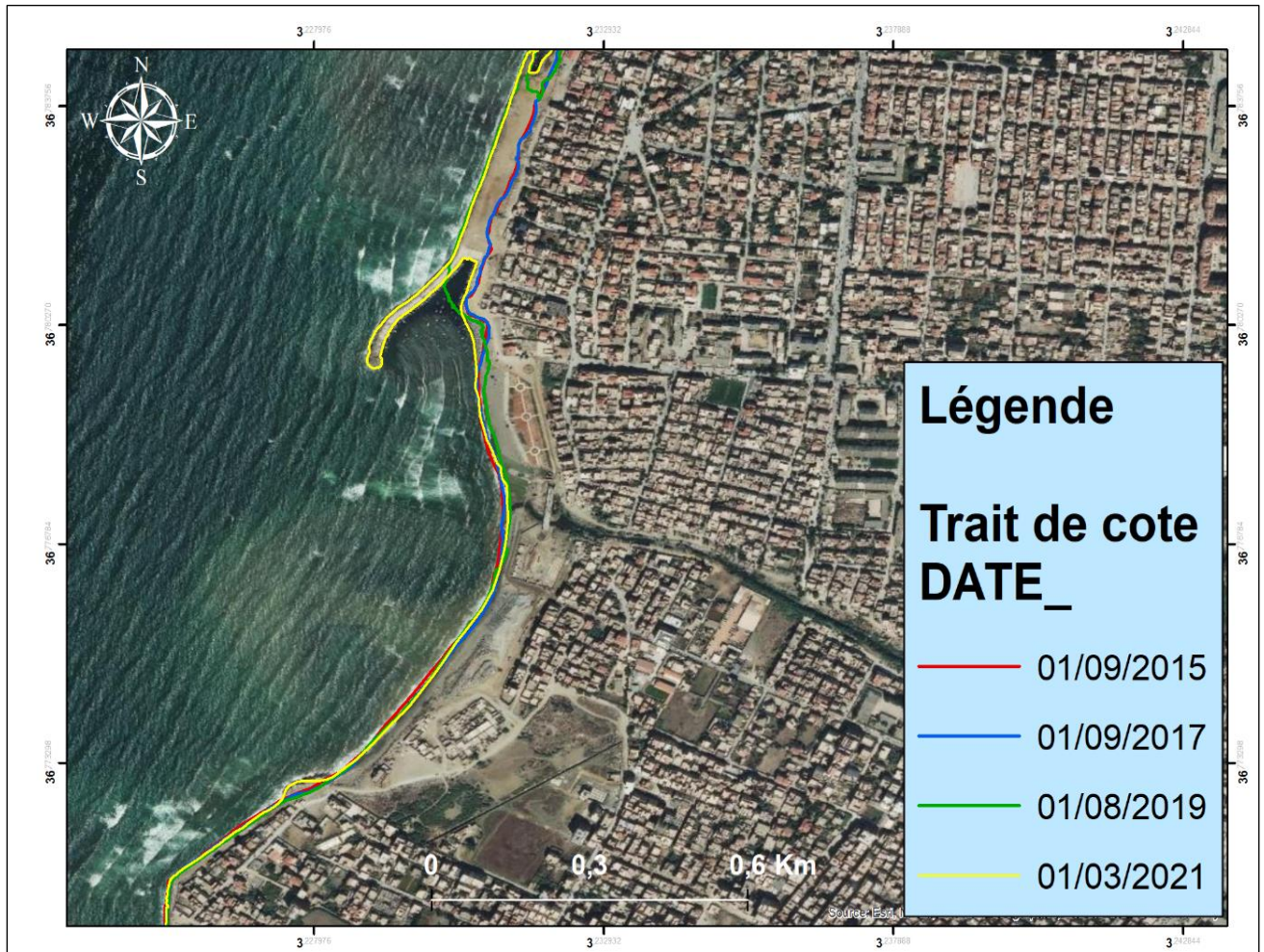
Les traits de cotes issus des images satellitaires extraites de Google Earth Pro (2015-2017-2021).



**Figure 18 :** Les images Google Earth de la zone d'Oued El Hamiz (2015, 2017, 2021).

1. Variation de la ligne de rivage

La digitalisation de la ligne de rivage sur les images a permis la superposition des tracés ; le résultat obtenu est présenté ci-dessous :



**Figure 19** : Évolution de la ligne du rivage dans la région de l’Oued El Hamiz durant les années 2015/2017/2019/2021.

- Période 2015 à 2017 :

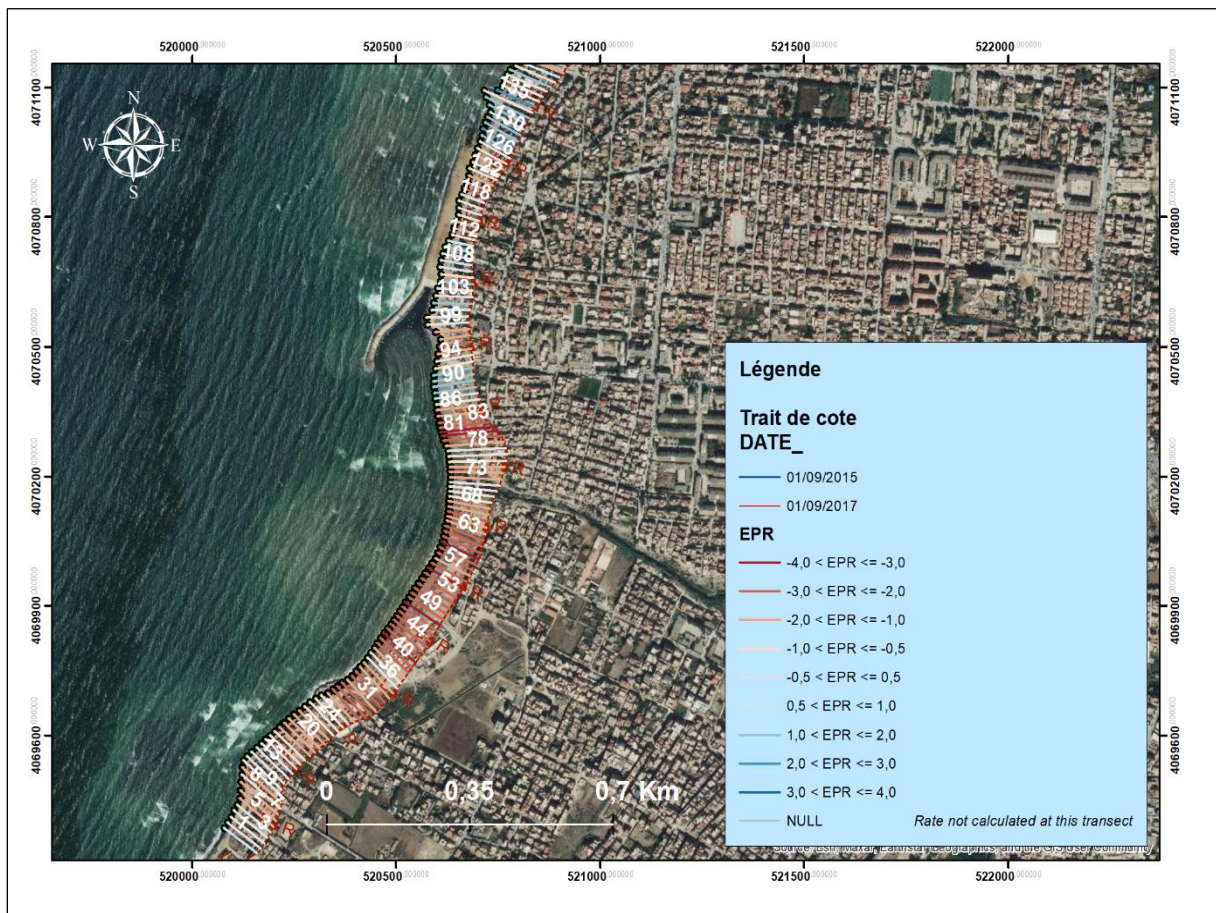


Figure 20: Transects et trait de côte de 2015-2017.

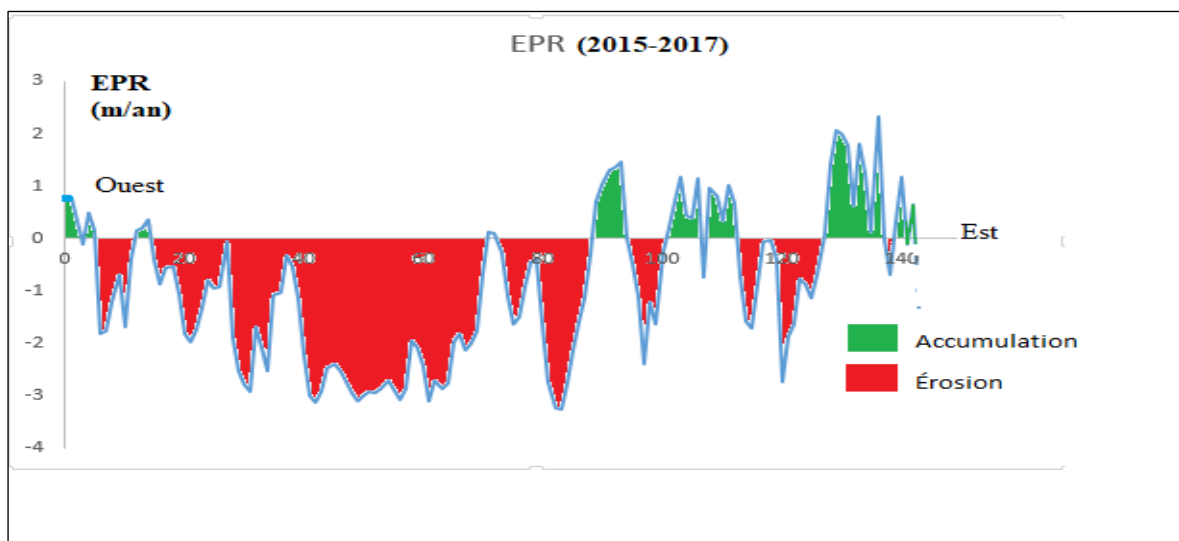


Figure 21: Variation d'EPR du trait de côte selon les transects de 2015-2017 au niveau de l'embouchure d'Oued El Hamiz.

- **Commentaire :**

Sur cette figure, on peut observer la répartition spatiale des secteurs présentant des évolutions similaires de 2015 jusqu'à 2017.

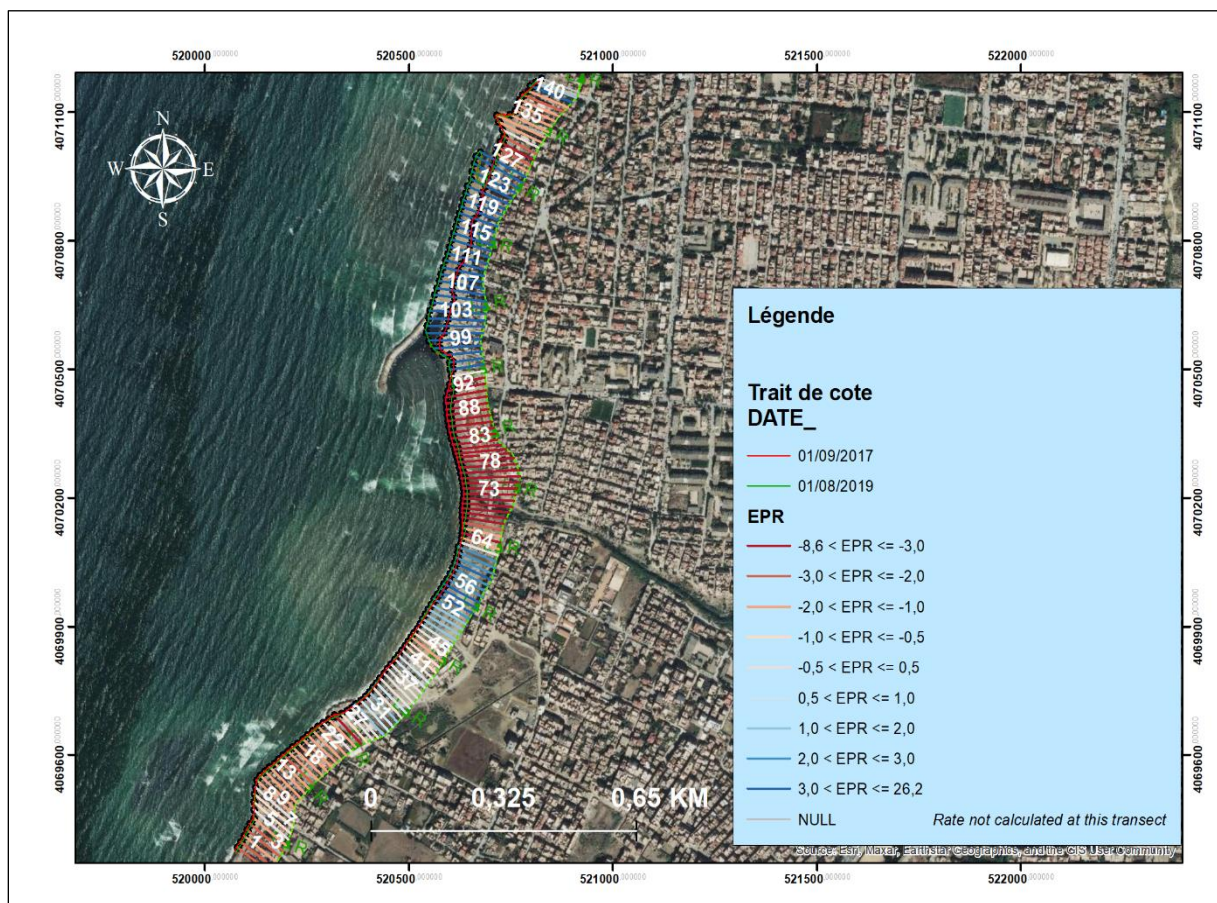
La période 2015-2017 est globalement caractérisée par un déficit sédimentaire, avec cependant une variation irrégulière de la ligne de rivage.

On remarque qu'il y a une présence d'érosion irrégulière atteignant un maximum de -2 m/an entre le transect N°71 et 73 au niveau de l'embouchure.

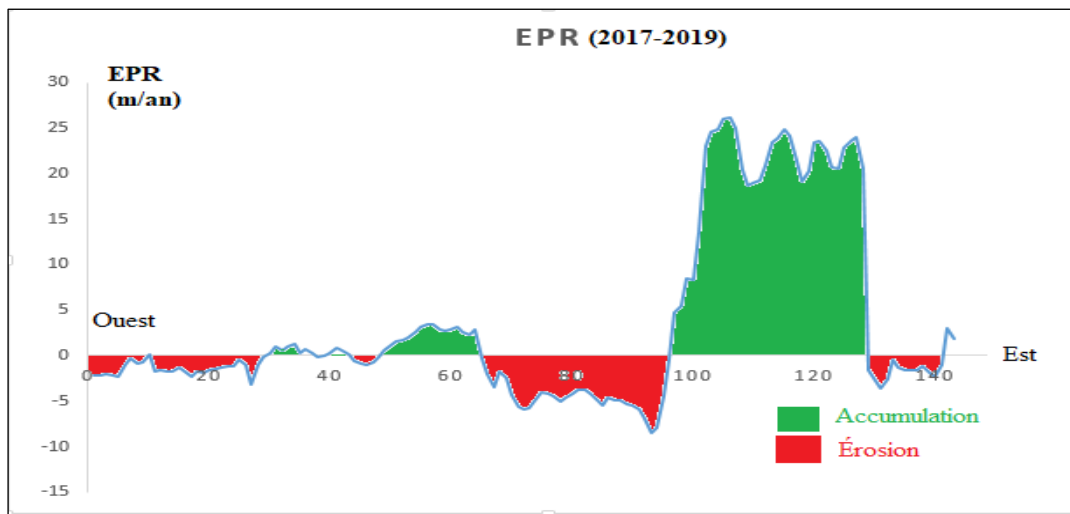
Un secteur d'érosion à l'Ouest, avec une vitesse varie entre 0 à -3 m/an du transect N°90 jusqu'au le transect 30.

L'érosion présente dans l'embouchure n'est que le résultat des fortes courantologies.

- **Période 2017 à 2019 :**



**Figure 22:** Transects et trait de côte de 2017-2019.



**Figure 23:** Variation d'EPR du trait de côte selon les transects de 2017-2019 au niveau de l'embouchure d'Oued El Hamiz.

• **Commentaire :**

Sur cette figure, on peut observer la répartition spatiale des secteurs présentant des évolutions similaires de 2017 jusqu'à 2019.

On constate une variation très irrégulière du trait de côte, de la limite ouest à la limite est.

- Comme on la remarquer, il y'a présence d'une érosion irrégulière atteindre un maximum de -5m/an entre le transect N°71 et 73 au niveau de l'embouchure de l'Oued El Hamiz.
- Une accréation progressive, pour atteindre un pic de +4m/an au niveau de transect 60, correspondant à une avancée du trait de côte.
- L'accumulation enregistrer entre le transect 100 et 120 correspond à un rechargement artificiel.

- Période 2019 à 2021 :



Figure 24: Transects et trait de côte de 2019-2021.

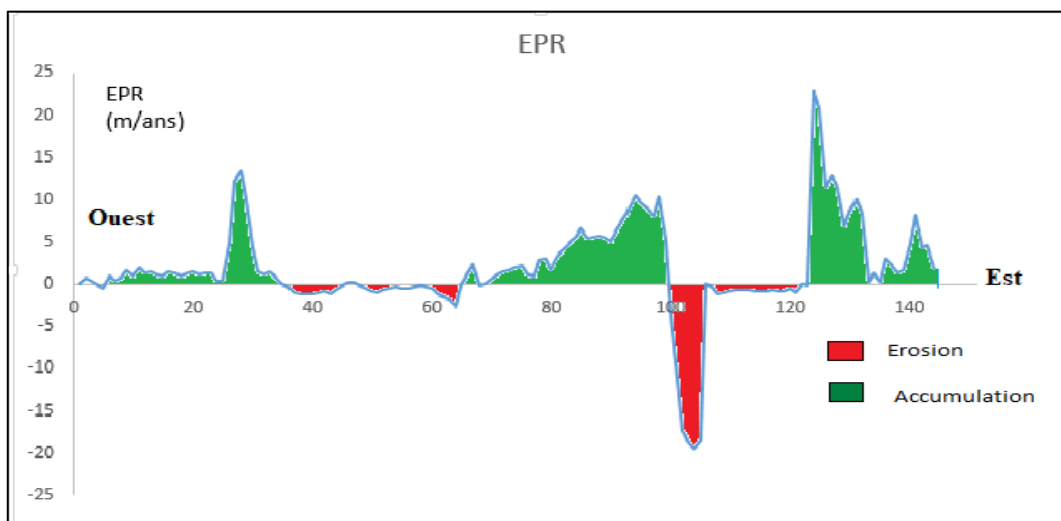


Figure 25: Variation d'EPR du trait de côte selon les transects de 2019-2021 au niveau de l'embouchure d'Oued El Hamiz.

- **Commentaire :**

Dans cette période on a enregistré une forte accumulation au niveau de notre zone d'étude qui compris l'embouchure et la plage voisine (Coco plage) avec une vitesse varie entre + 3,5 à +12 m/ans entre le transect N° 70 et 98.

D'après les résultats obtenus on peut constater que la construction de la jetée qui se trouve approximation de l'embouchure en fin de 2019 a créé un problème d'accumulation au niveau de l'embouchure qui favorise le blocage de débit liquide et solide apporter par l'Oued et qui provoque les inondations après l'augmentation de niveau de l'eau au niveau de l'embouchure (crue).

III. Etude de la réfraction de la houle

Les résultats numériques sont présentés dans le tableau ci-après :

- Période de retour 50 ans

Tableau 4: Résultat numérique de la réfraction de la houle

Direction	Hs au large	Hs à -2,5m	Kr à -2,5m	Hs à -5m	Kr à -5m	Hs à -10m	Kr à -10m
N°360	7,87	1,33	0,17	2,94	0,37	4,65	0,59
N°315	6,65	1,34	0,2	3,02	0,45	4,84	0,74
N°20	7,53	1,31	0,17	2,83	0,38	4,27	0,57

- Réfraction de la houle de direction Nord 360°

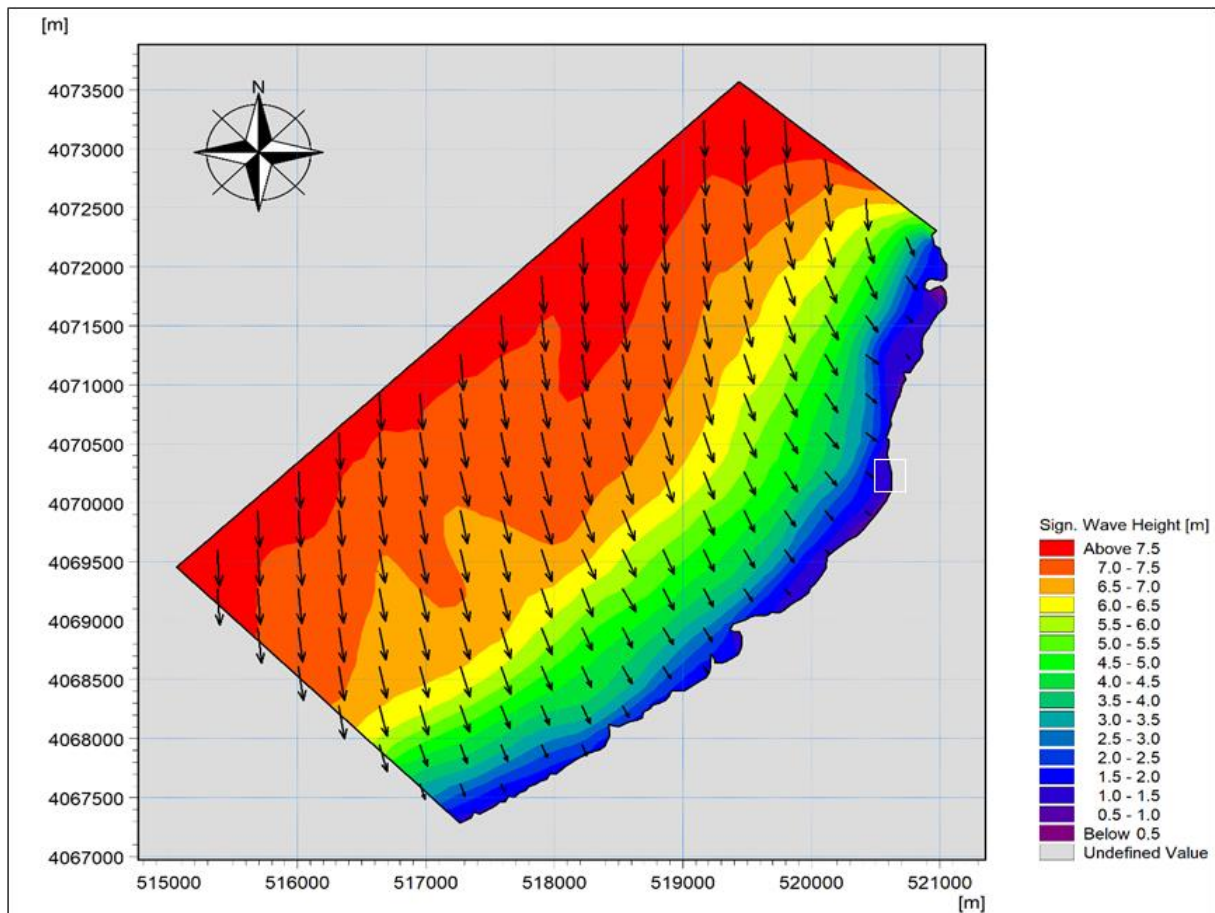
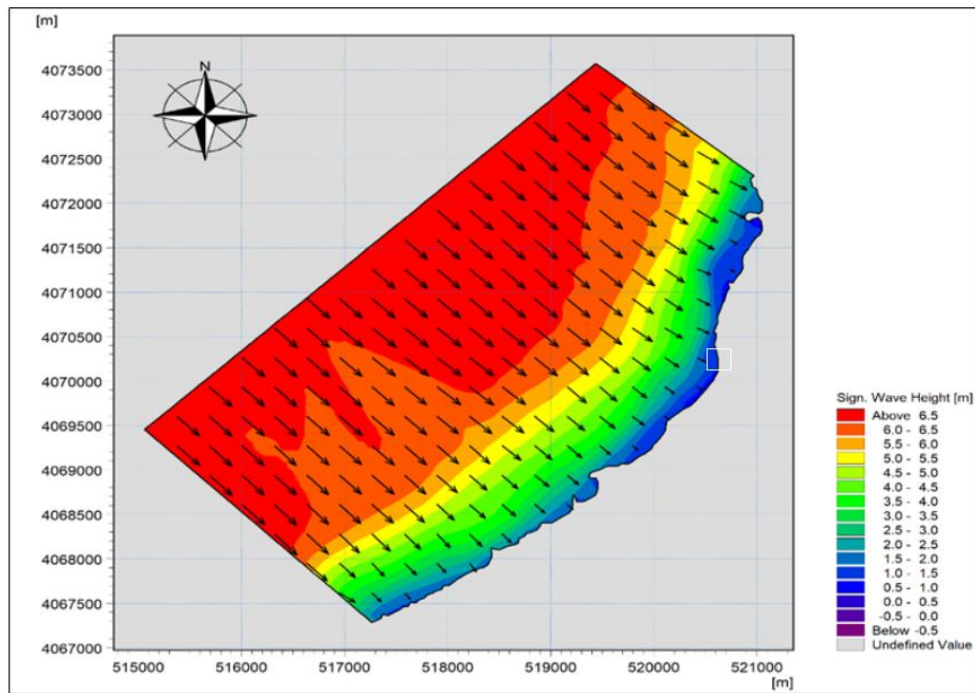


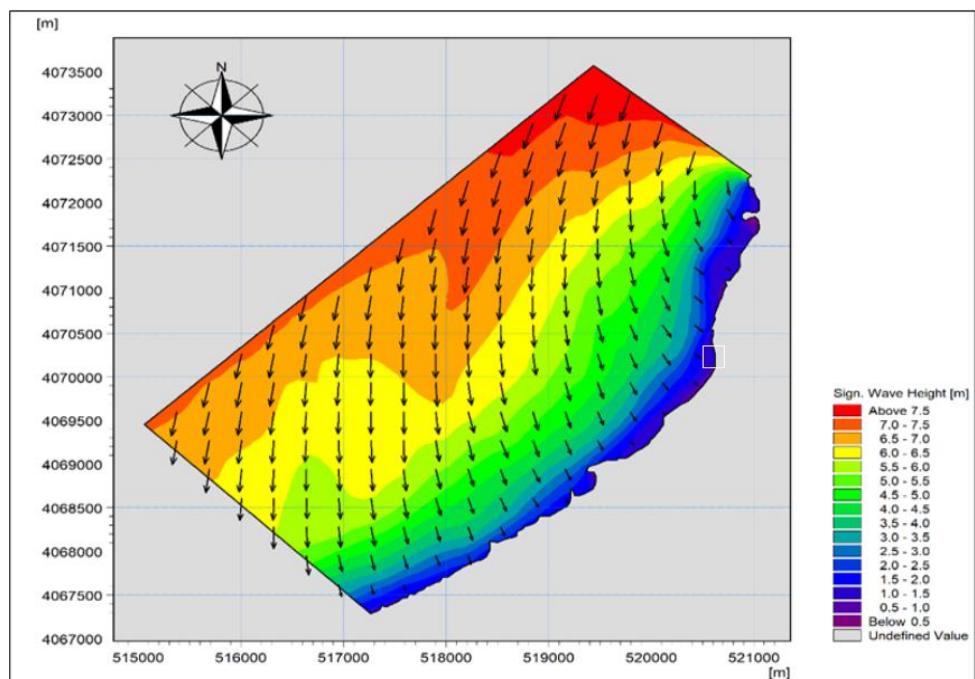
Figure 26: Carte de la réfraction de la houle de direction N 360°, Période  $T_p=13.58s$  et de hauteur significative de  $H_s=7.87m$  (Réalisé à l'aide du logiciel Mike21).

- Réfraction de la houle de direction Nord 315°



**Figure 27:** Carte de la réfraction de la houle de direction N 315°, Période  $T_p=12.60s$  et de hauteur significative de  $H_s= 6.65m$  (Réalisé à l'aide du logiciel Mike21).

- Réfraction de la houle de direction Nord 20°



**Figure 28:** Carte de la réfraction de la houle de direction N 20°, Période  $T_p=13.58s$  et de hauteur significative de  $H_s= 7.87m$  (Réalisé à l'aide du logiciel Mike21).

- **Commentaire :**

L'étude de la réfraction montre que l'embouchure de l'Oued El Hamiz est exposée aux houles des secteurs Nord(N360°), Nord-Ouest(N315°) et Nord-Nord-Est (N20°). Cela est justifié par la configuration du trait de côte qui est parallèle au Nord et qui reçoit l'énergie de ces trois directions dominantes.

Les houles du Nord (N 360°) et Nord-Nord-Est (N20°) qui arrivent en oblique à la côte sont moyennement réfractées, perdant une partie de leurs énergies du large, le coefficient de réfraction moyen varie entre 0,17 et 0,59 m Tandis que les houles du Nord-Ouest (N315°) ont tendance à arriver de manière perpendiculaire à la côte en gardant presque la totalité de leurs énergies du large. Ces houles dont le coefficient de réfraction moyen varie entre de 0,2 à 0,74m qui peuvent générer des courants littoraux et entraîner l'érosion côtière. Cependant, les houles significatives arrivant du Nord-Ouest ont des hauteurs plus élevées (entre 1,5 m et 2 m) par rapport aux autres directions.

#### IV. Etude hydro-sédimentaire

Dans ce chapitre, nous allons montrer les étapes de réalisation de l'étude hydro-sédimentaire, en utilisant le modèle numérique Mike21, dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz. On discute ces résultats pour mieux saisir le comportement de la dynamique sédimentaire au niveau de l'embouchure pour bien comprendre les problématiques de la zone.

Une étude tridimensionnelle de la propagation de la houle **SW** (le modèle de propagation de la houle spectrale), de la courantologie **HD** (le modèle bidimensionnel pour les calculs hydrodynamiques à surface libre) et du transport sédimentaire **ST** (le modèle qui calcule le transport sédimentaire sur le fond et en suspension sous l'action combinée des courants et de la houle), est mise en œuvre.

- **Période de retour 1 an (annuelle)**

**Tableau 5:** Caractéristiques de la houle retenues pour le module SW.

	N°360	N°315	N°20
Période	Nord	Nord-Ouest	Nord-Nord-Est
Tp=8s	Hs=2,67	Hs=2,64	Hs=2,56

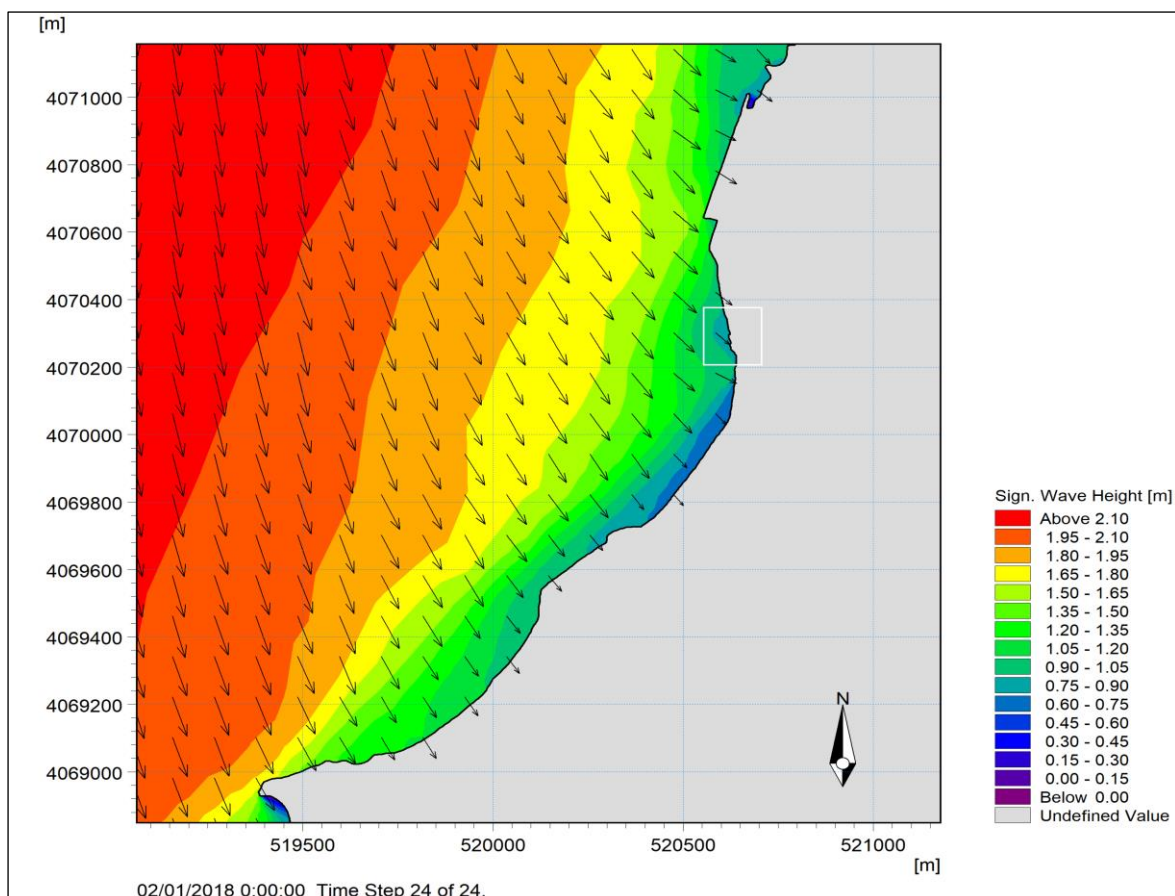
- **Interprétation des Résultats de la simulation hydro-sédimentaire selon les différentes directions :**

Pour bien comprendre les problématiques du milieu et la raison principale de l'ensablement de l'embouchure qui provoque les inondations au niveau d'oued El Hamiz, deux cas ont été testés : le premier, l'état initiale (sans jetée) et le deuxième, l'état actuelle (avec la jetée) pour étudier l'impact de la jetée qui se trouve à proximité de l'embouchure sur le transport sédimentaires générés dans notre zone.

Les résultats de simulation numérique sont présentés ci-après ; les directions considérées sont N360°, N315°, N20°.

### 1. Etat initiale (sans jetée) :

- **La direction Nord (360°)**



**Figure 29:** Champs des houles MWD 360° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz.

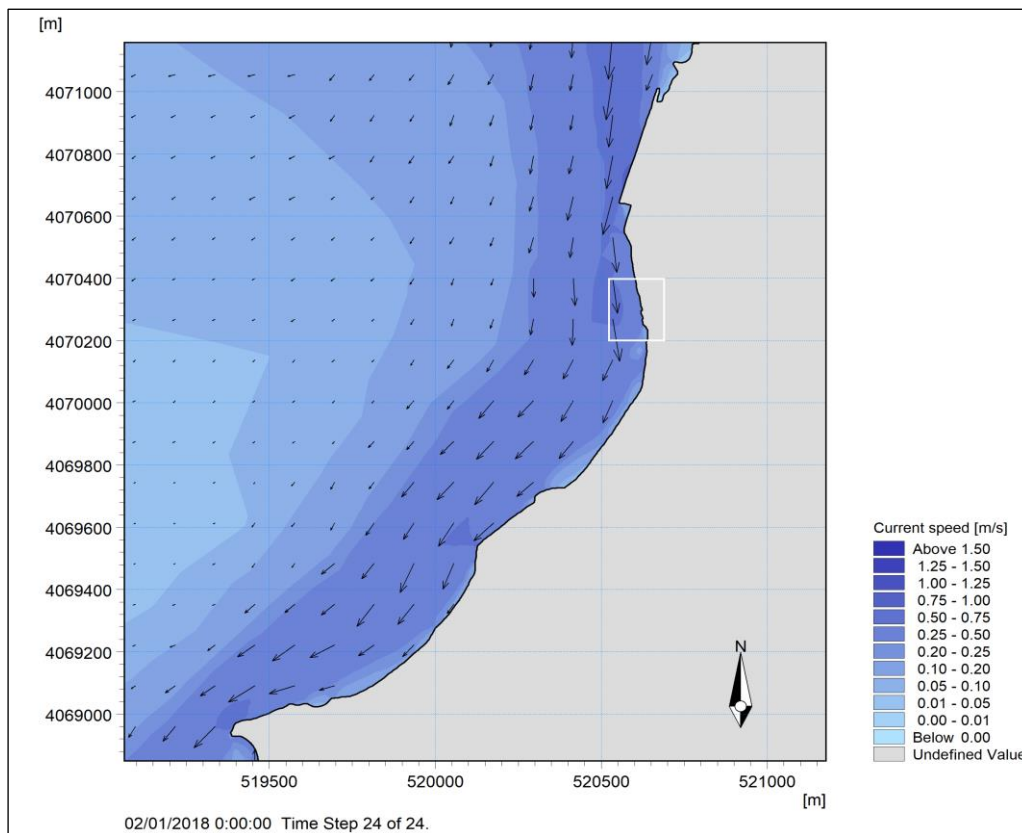


Figure 30: Champs des courants MDW 360° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz.

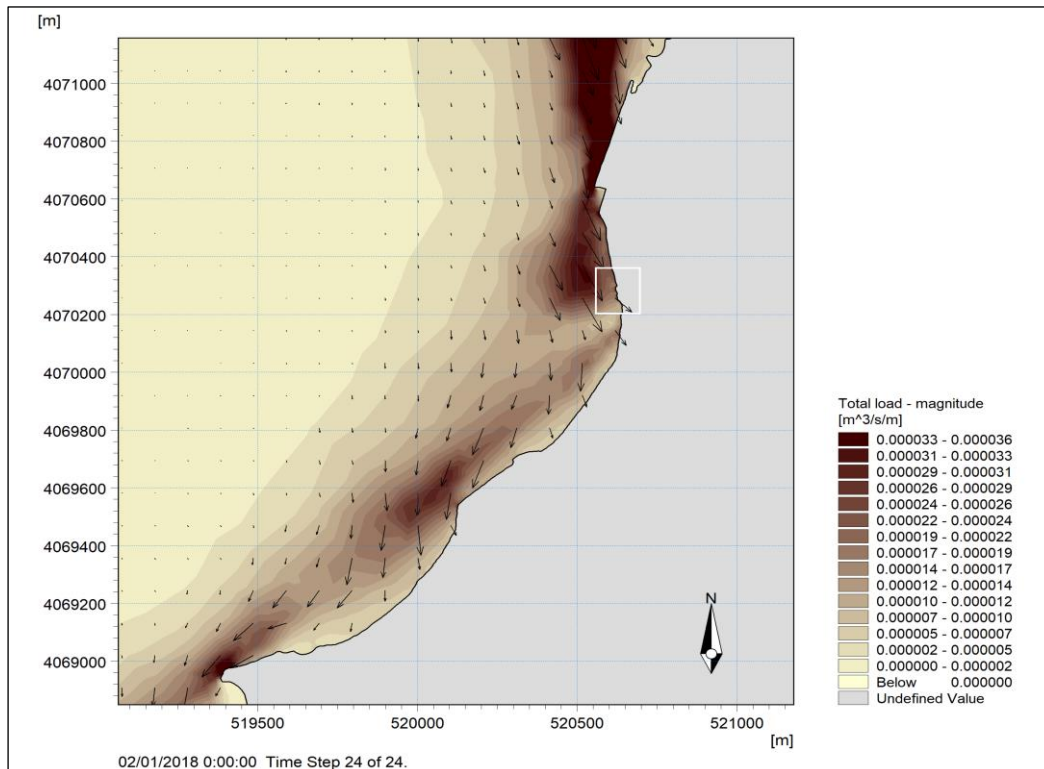


Figure 31: Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 360°.

- **Commentaire :**

La propagation de la houle de direction N 360° se traduit à l'approche de l'exutoire par une modification de ces caractéristiques à savoir une diminution de la hauteur de la houle lorsqu'elle commence à ressentir le fond.

On observe un changement de direction qui peut être due à la morphologie de la côte, la houle propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin. Au niveau de l'embouchure les houles arrivent avec des hauteurs comprises entre 0,60 et 0,75 m ces houles engendrent un champ de courant de dérive littorale avec des vitesses de 1 et 1.25 m/s au niveau de la zone d'étude. Le champ des courants favorise un transport du sédiment dirigé vers la partie Sud-Ouest avec un débit compris entre 126 et 252 m<sup>3</sup>/an/m.

La direction des flèches représente la direction du transport sédimentaire et la longueur des flèches représente l'intensité du transit sédimentaire.

Les flux sédimentaires sont proportionnels avec la direction des courants. On observe un taux de transport qui devient de plus en plus important au fur et à mesure de l'augmentation de l'intensité des courants ; cela peut être dû aussi aux apports de l'Oued El Hamiz qui seront distribués par la suite par les courants de dérives.

- Direction Nord-Ouest (315°) :

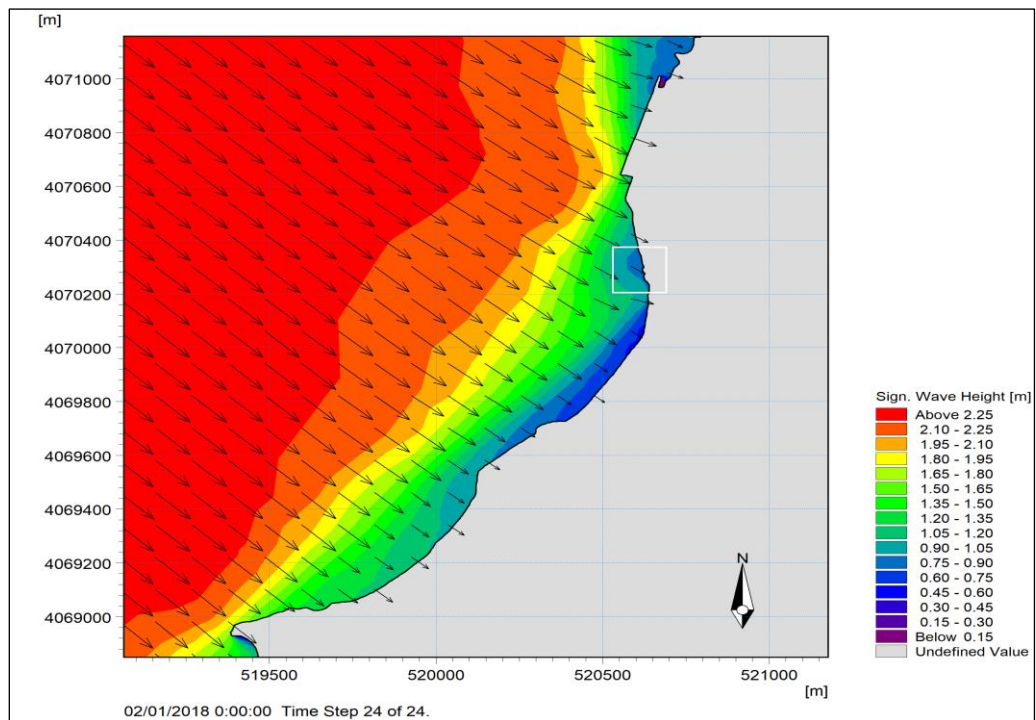


Figure 32: Champs des houles MWD 315° dans l’embouchure de l’Oued El Hamiz.

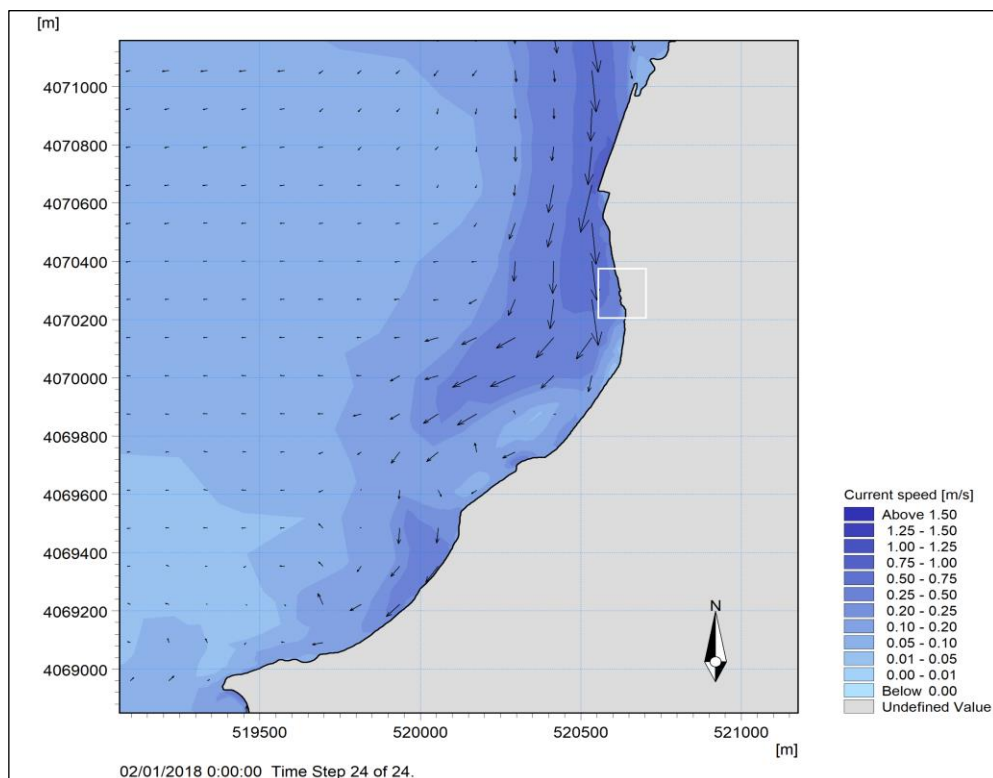
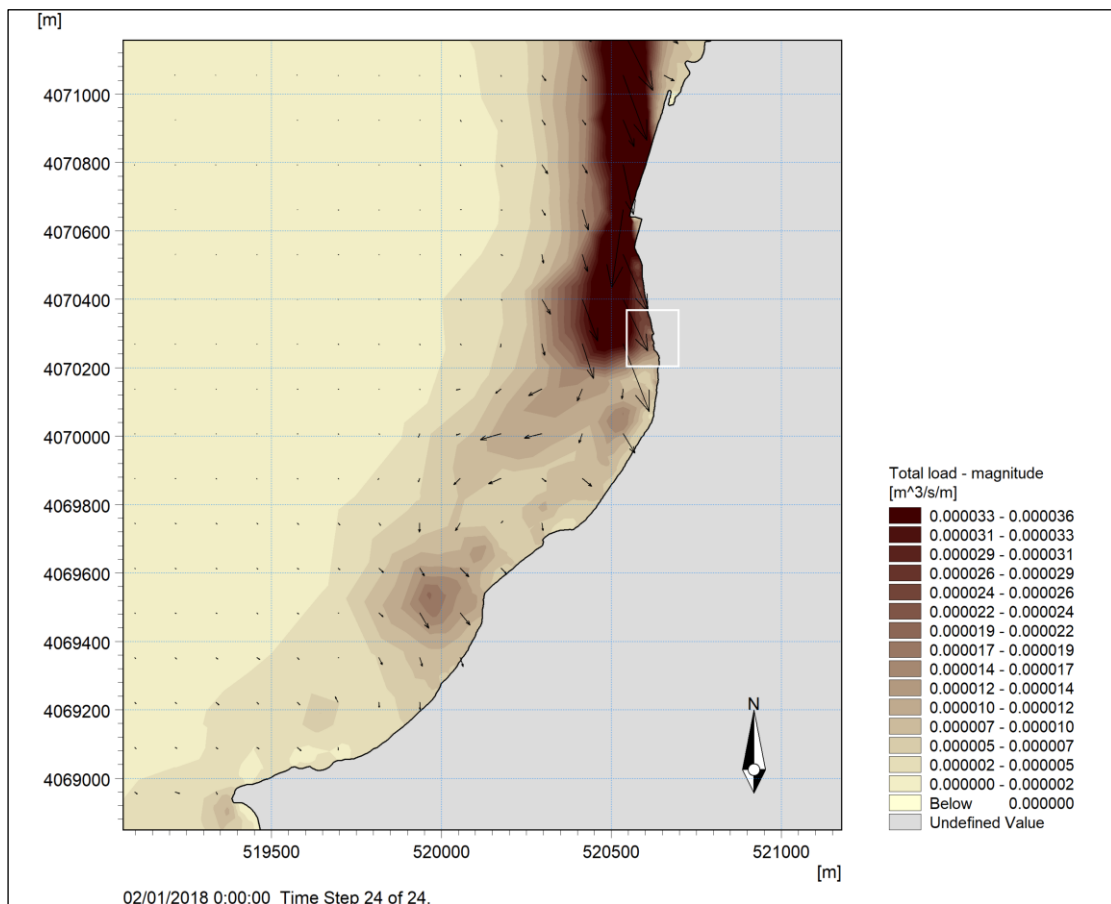


Figure 33: Champs des courants MWD 315° dans l'embouchure de l’Oued El Hamiz.



**Figure 34:** Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 315°.

- **Commentaire**

Dans la direction N°315 la houle se propage de large vers la cote avec une hauteur de 2.25m qui se diminue à l'approche de la cote avec une hauteur 0.45 m. Donc les houles atteignent de manière perpendiculaire à la côte et perdent une partie de leur énergie jusqu'à son arrivée à l'embouchure.

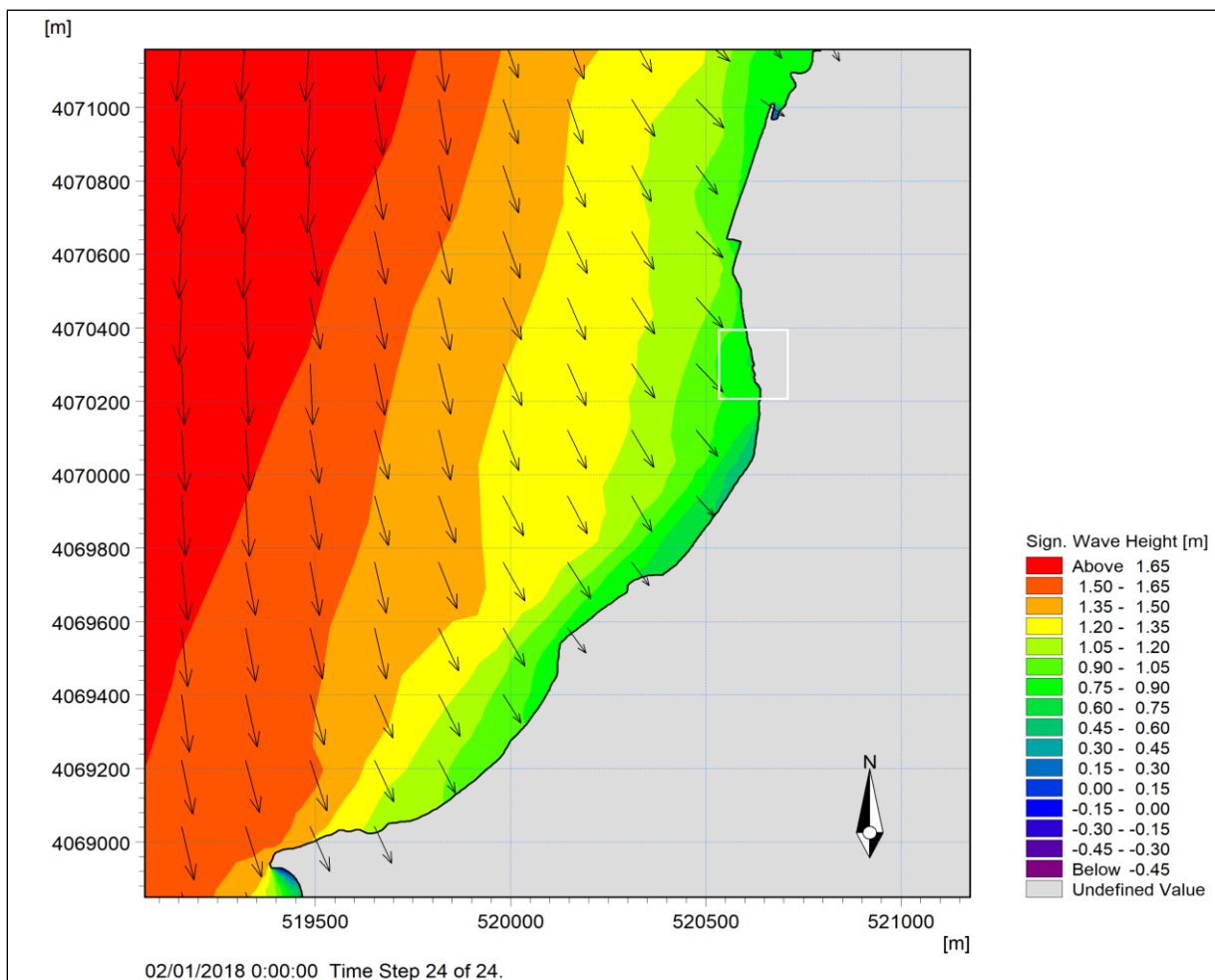
La carte (**Figure 33**) montre des champs de courant induits par une houle du Nord-Ouest 315° avec une variation de vitesse entre 0,1m/s et 1,50m/s, on observe d'après cette carte que les courants sont évolués avec une vitesse maximale 1,50m/s du Nord-Est de la zone, les courants de dérive sont orientés vers le Sud-Ouest. On voit l'absence des courants de retour, Les houles venant de ce secteur génèrent un courant de dérive littorale dont les vitesses varient entre 1,25 et 1,50 m/s au niveau de l'embouchure, la présence d'une forte courantologie dans notre zone d'étude provoque une érosion au niveau de cette l'embouchure.

Les flux sédimentaires sont proportionnels avec la direction des courants avec un ordre de 1135 m<sup>3</sup>/an/m orientés vers l’Ouest.

Nous avons un transport sédimentaire important (jusqu’à 1135,29 m<sup>3</sup>/an/m) qui est plus proche à la cote par rapport aux celles qui sont générés par des houles d’autres secteurs. Il est également à noter que le courant de la dérive induit par les houles de cette direction cause un transit sédimentaire considérable de secteur Nord-Est vers le Sud-Ouest et transport majoritairement les sédiments d’origine d’Oued El Hamiz vers le rivage.

Cette capacité augmente progressivement au niveau de l’embouchure et surtout dans la partie Est exposée qui sont représentées par des vecteurs concentrés sur la carte, traduisant une capacité de transport forte. Ce flux sédimentaire provoque une érosion importante au niveau l’embouchure.

- **La direction Nord-Nord-Est (20°) :**



**Figure 35:** Champs des houles MWD 20° dans l’embouchure de l’Oued El Hamiz.

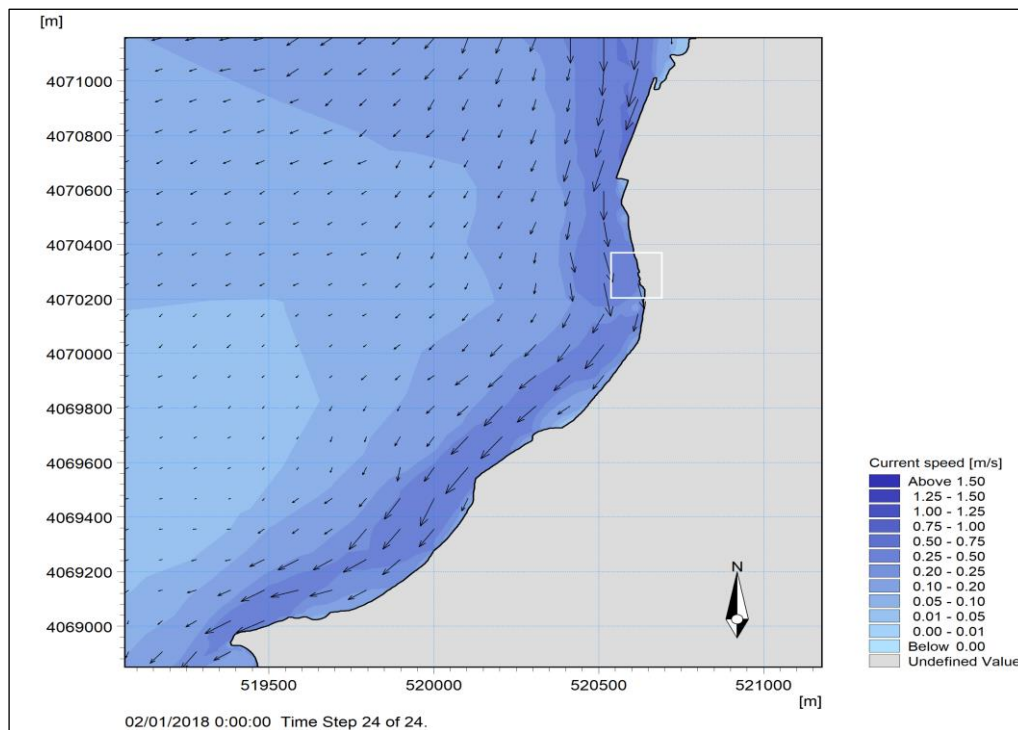


Figure 36: Champs des courants MWD 20° dans l’embouchure de l’Oued El Hamiz.

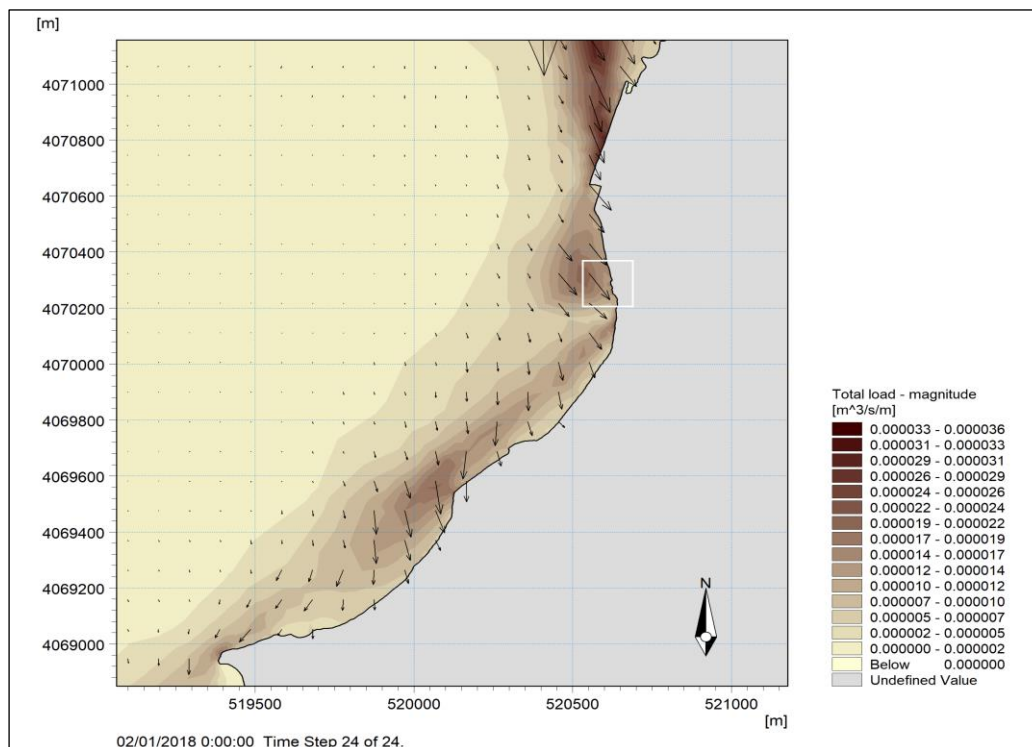


Figure 37: Dynamique sédimentaire de l'embouchure 20° dans l’embouchure de l’Oued El Hamiz.

- **Commentaire :**

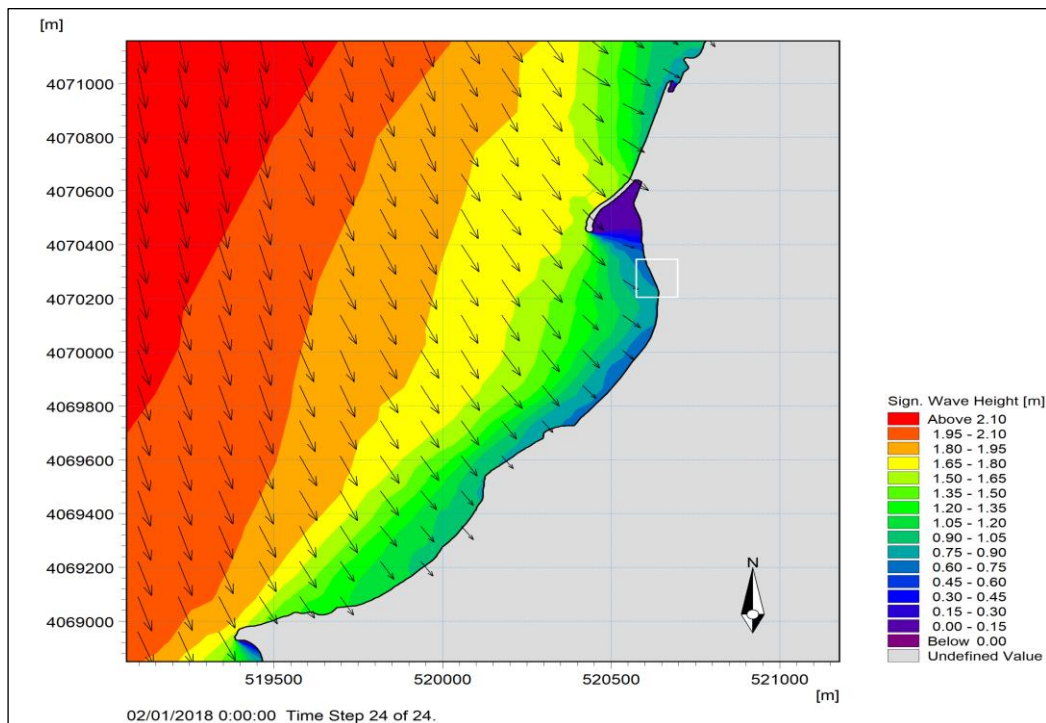
La propagation de la houle atteint notre zone avec des modifications, on observe un changement de direction qui peut être dû à la morphologie de la côte, la houle propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin.

Les champs des courants engendrés par la houle de secteur Nord-Nord-Est (20°N) montrent des activités hydrodynamiques dans presque toute la zone d'étude. Les houles venant de ce secteur génèrent un courant de dérive littorale parallèle à la côte et orienté d'Est en Ouest dont les vitesses varient entre 1 et 1,25 m/s le long de la côte.

Les courants littoraux générés par la réfraction de la houle du Nord-Est 20° présentés sur la carte (**Figure 36**) montre des champs de courant répartis dans toute la zone d'étude. La vitesse des courants varie entre 0,01 m/s et 1,50 m/s. Le gradient de vitesse atteint un maximum de 1,50 m/s au niveau de la partie Nord-Est.

## 2. Etat actuelle (avec la jetée) :

- **Direction Nord (360°) :**



**Figure 38:** Champs des houles MWD 360° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz.

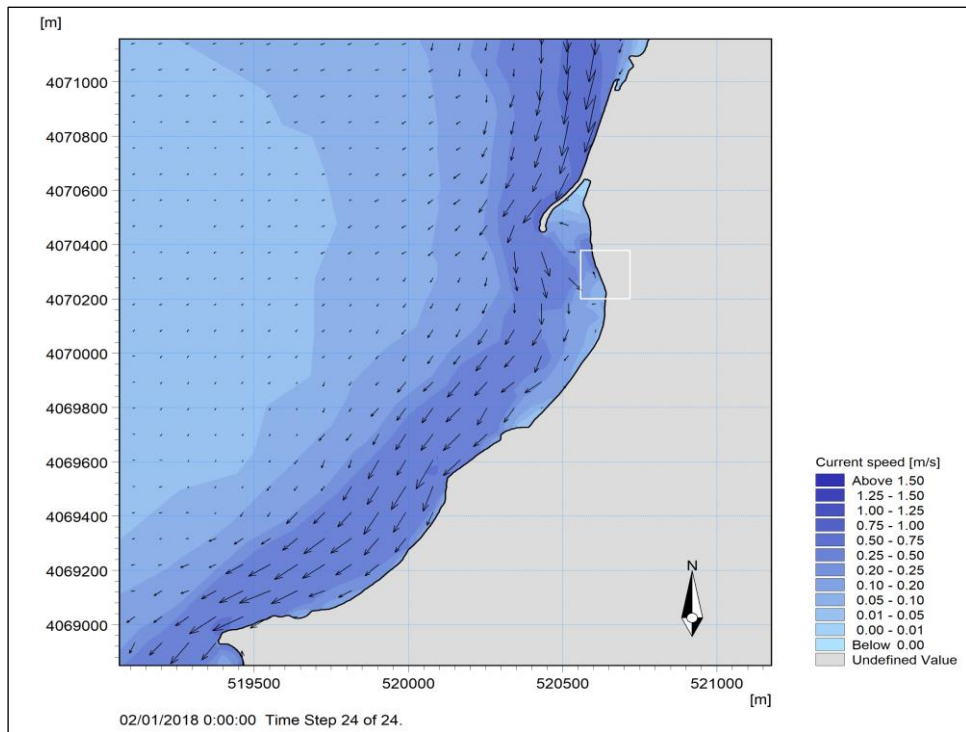


Figure 39: Champs des courants MWD 360° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz.

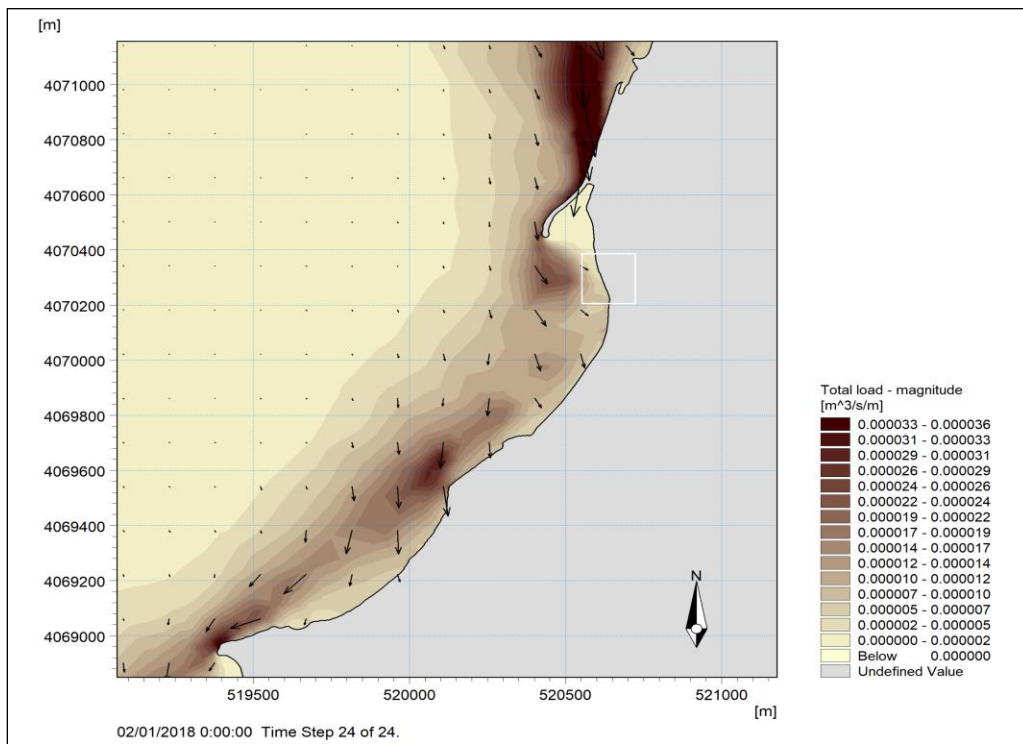


Figure 40: Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 360°.

- **Commentaire :**

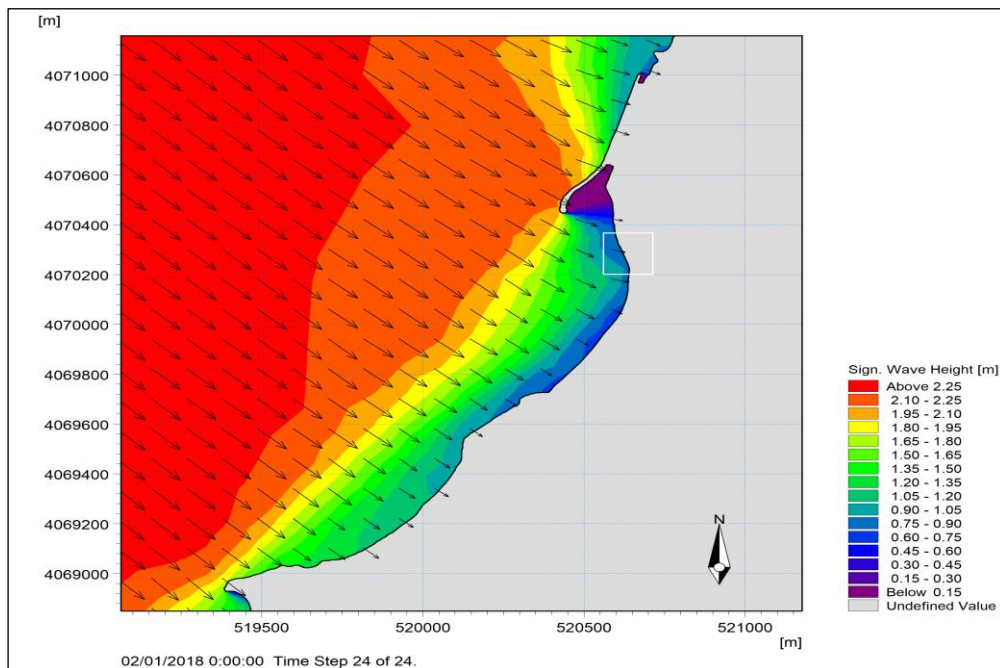
La propagation de la houle de direction N 360° se traduit à l'approche de l'exutoire par une modification de ces caractéristiques à savoir une diminution de la hauteur de la houle lorsqu'elle commence à ressentir le fond.

On observe un changement de direction qui peut être due à la morphologie de la côte, la houle propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin. Au niveau de l'embouchure les houles arrivent avec des hauteurs comprises entre 0,45 et 0,60 m ces houles engendrent un faible champ de courant de dérive littorale avec des vitesses de 0,05 et 0.10m/s.

La présence de la jetée à proximité de l'embouchure va diminuer la vitesse des courants ce qui favorise la formation d'une zone calme qui provoque une accumulation des sédiments au niveau de notre zone d'étude.

Le champ des courants favorise un transport du sédiment dirigé vers la partie sud-ouest avec un débit compris entre 126 et 252m<sup>3</sup>/an/m.

- **Direction Nord-Ouest (315°) :**



**Figure 41:** Champs des houles MWD 315° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz.

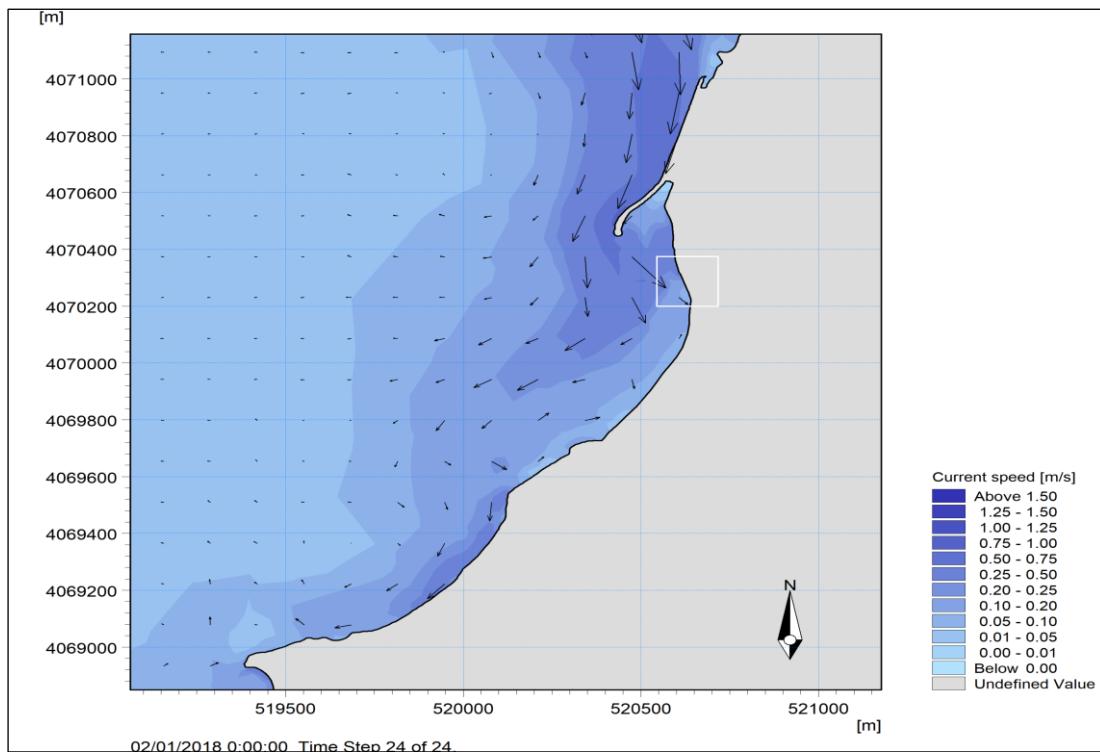


Figure 42: Champs des courants MWD 315° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz.

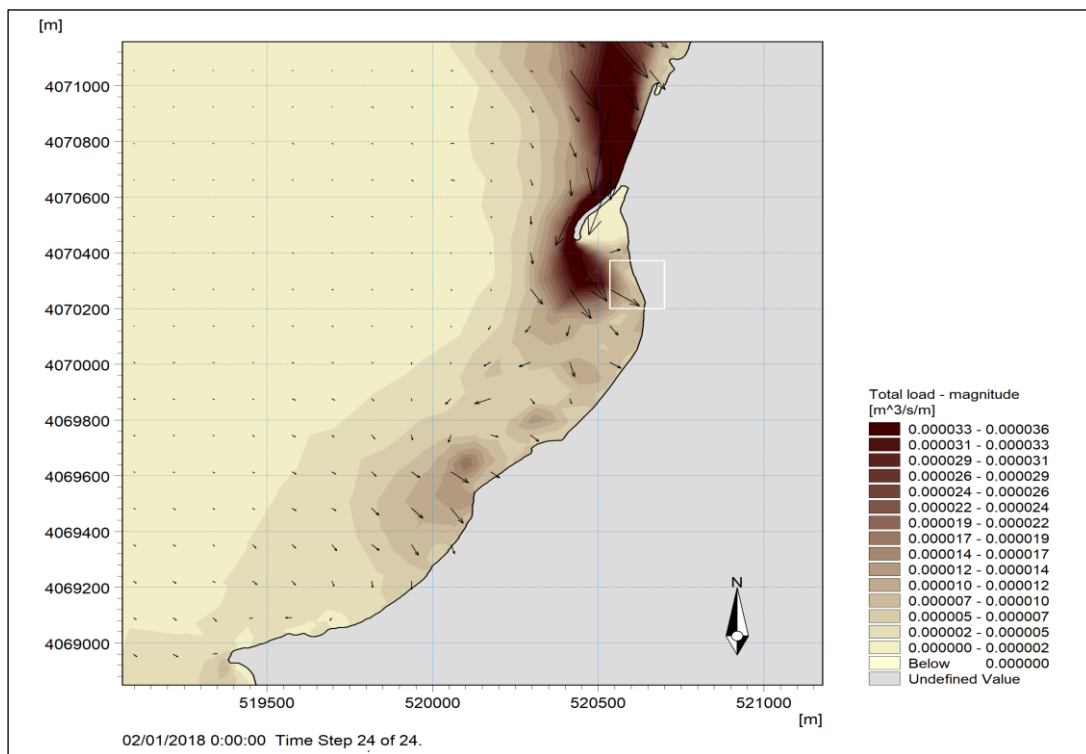


Figure 43: Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 315°.

- **Commentaire :**

Dans la direction N°315 la houle se propage de large vers la cote avec une hauteur de 2.25m qui se diminue à l'approche de la cote avec une hauteur 0.45 m. Donc les houles atteignent de manière perpendiculaire la côte et perdent une partie de leur énergie jusqu'à son arrivée au rivage.

La carte montre des champs de courant induits par une houle du Nord-Ouest 315° avec une variation de vitesse entre 0,1m/s et 1,50m/s, on observe d'après cette carte que les courants sont évolués avec une vitesse maximale 1,50m/s du Nord-Est de la zone, les courants de dérive sont orientés vers le Sud-Ouest. On voit l'absence des courants de retour,

Les houles venant de ce secteur génèrent un faible courant de dérive littorale dont les vitesses varient entre 0.01 et 0,05 m/s au niveau de l'embouchure, la présence d'un faible courantologie dans notre zone d'étude provoque une accumulation au niveau de l'embouchure.

Les flux sédimentaires sont proportionnels avec la direction des courants avec un ordre de 1135 m<sup>3</sup>/an/m au niveau de l'oued orientés vers l'Ouest.

Nous avons un transport sédimentaire remarquable (jusqu'à 599 m<sup>3</sup>/an/m). Il est également à noter que le courant de la dérive induit par les houles de cette direction cause un transit sédimentaire considérable de secteur Nord-Est vers le Sud-Ouest et transport majoritairement les sédiments d'origine d'Oued El Hamiz vers le rivage.

Cette capacité diminuée progressivement au niveau de l'embouchure, traduisant une capacité de transport moyen. Ce flux sédimentaire provoque une accumulation importante au niveau l'embouchure.

- La direction Nord-Nord-Est (20°) :

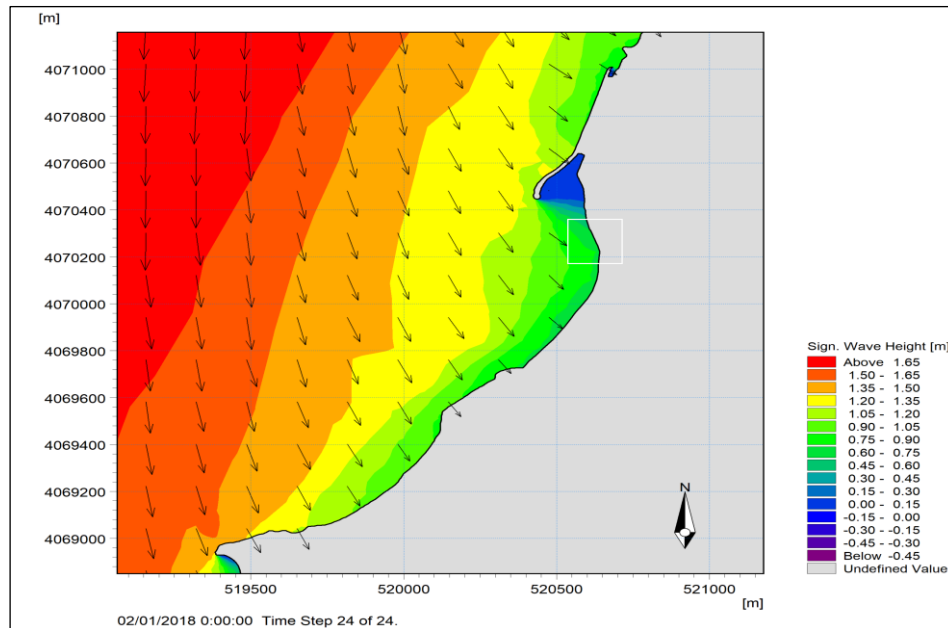


Figure 44: Champs des houles MWD 20° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz.

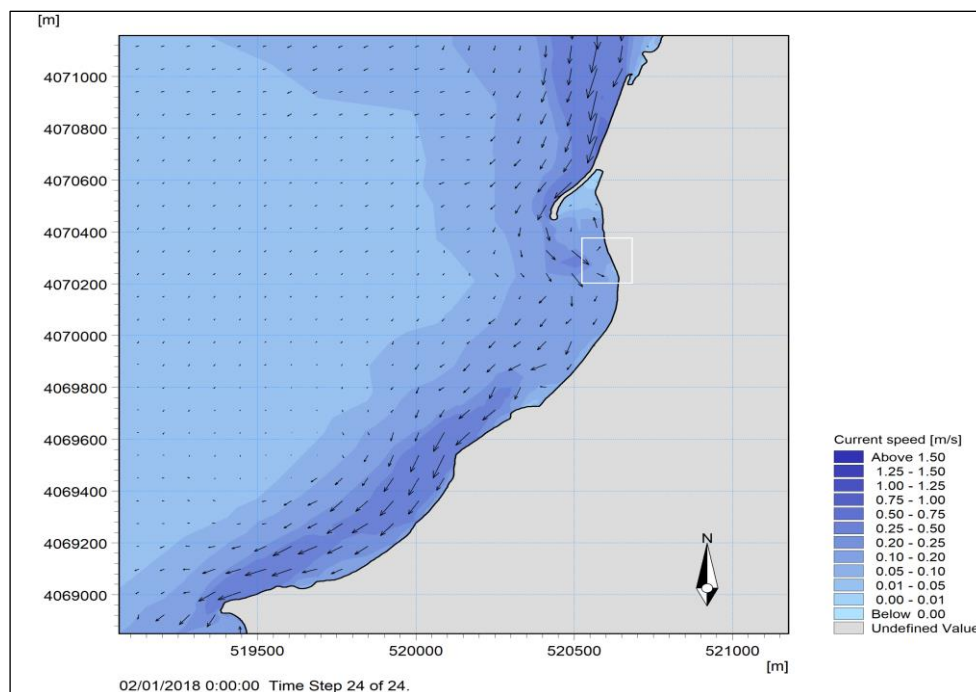
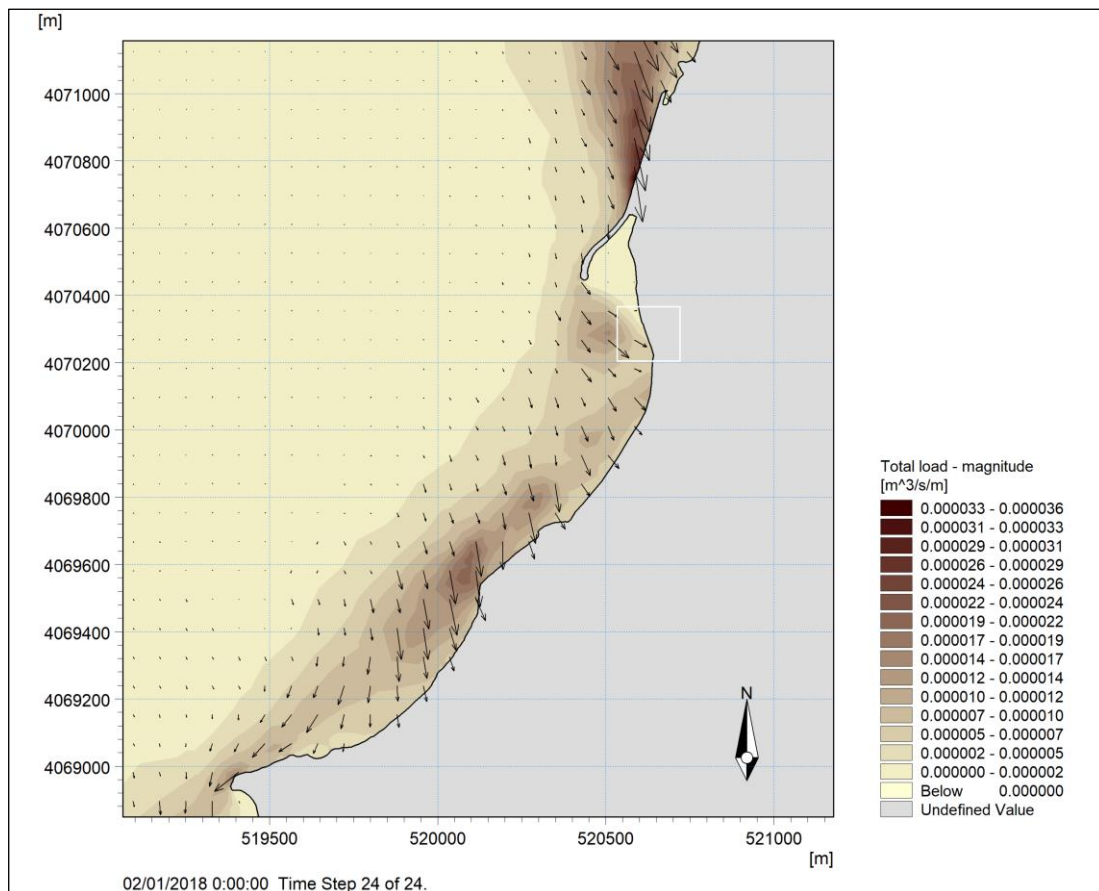


Figure 45: Champs des courants MWD 20° dans l'embouchure de l'Oued El Hamiz.



**Figure 46:** Dynamique sédimentaire de l'embouchure de l'Oued El Hamiz 20°.

- **Commentaire :**

Dans la direction N°20 la houle se propage de large vers la cote avec une hauteur de 1,65m qui se diminue à l'approche de notre zone d'étude avec une hauteur de 0.75 m.

La propagation de la houle atteint notre zone avec des modifications, on observe un changement de direction qui peut être due à la morphologie de la côte, la houle propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin.

Les courants littoraux générés par la réfraction de la houle du Nord-Est 20° présentés sur la carte montre des champs de courant répartis dans toute la zone d'étude. La vitesse des courants varie entre 0.05m/s et 0,10m/s au niveau de l'embouchure. Le gradient de vitesse atteint un maximum 1,50m/s au niveau de la partie Nord-Est.

Les flux sédimentaires sont proportionnels avec la direction des courants avec un ordre de 378m<sup>3</sup>/an/m orientés vers l'Ouest.

**Conclusion du chapitre :**

D'après les résultats obtenus par la simulation et l'évolution du trait de côte on peut conclure que notre zone d'étude subit une forte érosion au niveau de l'embouchure avant la construction de la jetée en fin de 2019, cette érosion favorise l'écoulement des eaux de l'Oued vers la mer, donc avant l'année 2019 le problème d'ensablement de l'Oued qui favorise l'inondation n'existe plus.

La mauvaise étude de la jetée qui se trouve à proximité de l'embouchure a provoqué un grand problème de l'ensablement de notre zone d'étude par la création d'une zone calme qui favorise l'accumulation des particules sédimentaires (une faible courantologie), ce problème va provoquer les inondations dans la région El Hamiz par l'effet de blocages des eaux des Oueds par ces sédiments accumulés, donc en tant que des ingénieurs en aménagement notre but est de trouver une solution d'après les résultats obtenus sur la problématique de la zone et régler le problème d'inondation dans la région El Hamiz et aussi régler le problème de la pollution des plages voisines (Stanboule et bateau cassé) par ce cours d'eau avec une solution d'aménagement durable et moins coûteuse qui se détaillera dans le prochain chapitre.

**CHAPITRE IV : SOLUTION D'AMENAGEMENT**

## CHAPITRE IV : Solution d'aménagement

### Introduction du chapitre :

Le rétablissement de l'exutoire naturel d'Oued El Hamiz est une solution qui limitera les risques de crue.

Les chapitres précédents ont exposé l'intensité de ce phénomène naturel survenant dans notre zone d'étude et les conséquences de ne pas prendre sur la l'initiative d'affecter les zones côtières et ces infrastructures.

Alors pour éviter les inondations au niveau de l'embouchure de l'Oued, on suggère les deux épis comme solution.

### 1. Analyse des simulations numériques après l'implantation des ouvrages :

L'impact de l'implantation d'ouvrages de protection (parallèle ou perpendiculaire ; émergé ou immergé), devrait se traduire par une diminution de l'énergie de la houle avant d'atteindre la cote ou une accumulation. Les modifications de ces paramètres physiques ont des répercussions sur les mouvements des sédiments.

Les résultats de simulation numérique avec la présence des ouvrages nous montrerons les modifications dans le régime hydro-sédimentaire au niveau de l'embouchure après l'implantation des deux épis.

### 2. Solutions proposées (épis) :

#### 2.1.Caractéristiques géométriques :

Un épi est un ouvrage en enrochement relativement court qui avance dans la mer depuis la plage et dont la fonction principale est d'interrompre le transit littoral de sédiments afin de constituer ou de retenir des sédiments à un niveau plus élevé (et souvent, par-là même, de protéger un ouvrage de défense contre la mer existant).

- **La longueur :**

La longueur des épis est essentiellement déterminée par le degré d'interruption du transport littoral souhaité, par le type de profil de plage recherché et par la nouvelle ligne de rivage attendue.

D'après les travaux du CERC, une corrélation a été établie entre la profondeur d'eau au musoir de l'épi par rapport au niveau moyen des basses mers. Et le pourcentage du transport sédimentaire interrompu.

- **Espacement des épis :**

L'espacement entre deux épis consécutifs dépend de l'obliquité de la houle dominante. Entre deux épis, la ligne de rivage tend vers un équilibre dans lequel elle est parallèle aux crêtes des houles dominantes.

En notant  $\alpha$  l'angle entre la direction de propagation de la houle dominante et la normale à la plage, qui est aussi celui entre les lignes de crêtes de la houle dominante et le trait de côte, A la distance la racine de l'épi et le trait de côte moyen recherché, la longueur L de l'épi, et l'espacement E entre deux épis doivent vérifier la relation suivante, obtenue à partir d'une approche théorique simplifiée. (Dahmani, A, 2019).

$$E < (L - A) \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg} \alpha}$$

## 2.2. Application à Oued El Hamiz :

Elle consiste à une protection rigide qui consiste à implanter deux épis, épi Sud et épi Nord ; elles présentent une longueur de 300 m, 250 m respectivement et une largeur de 30 m (toutes les deux), qui sont orientées au Nord-Ouest (N°320), implantées à une profondeur de -4m (épi Sud) et -3.5m (épi Nord). Leur fonction s'agit de piéger les sédiments et s'ils marchent bien il peut en résoudre des tombolos.

## 2.3. Dimensionnement des épis :

- **Le noyau**

Le noyau est le cœur, la partie centrale d'un épi, il repose directement sur le substrat ou sur un soubassement. En volume, le noyau est la partie la plus importante.

Le matériau du noyau est généralement constitué de la catégorie de blocs la moins chère, puisqu'il s'agit de tout-venant d'abattage. Cependant, il n'est pas souhaitable d'utiliser des matériaux trop fins pour limiter le tassement ultérieur et l'exfiltration. Pour réduire la durée d'étanchéité, il peut donc parfois être avantageux d'utiliser des blocs plus gros et par conséquent plus chers pour construire le noyau si la houle dépasse la limite acceptable pour le tout-venant d'abattage. Par contre, un minimum de matériaux 'fins' doit être utilisé afin d'éviter la transmission de la houle à travers l'ouvrage (CETMEF (2007)).

En pratique, les conditions à respecter dépendent largement des dimensions de l'ouvrage en particulier sa hauteur, des tassements admissibles compte-tenu de l'exploitation envisagée de la structure, des caractéristiques des autres éléments constituant l'épi (la hauteur de la crête, la pente) ainsi que des conditions de sollicitation de l'ouvrage.

- **Le filtre**

Le filtre que l'on désigne aussi comme sous-couche, doit réaliser un certain nombre de fonctions à l'intérieure de l'épi comme :

- Le rôle de filtre granulométrique entre le noyau et la carapace, la fonction de fondation pour la carapace externe.
- Le rôle de filtre hydraulique et dissipation de l'énergie de la houle après son passage à travers la carapace.
- La protection du noyau pendant la construction de l'ouvrage.

D'une façon générale, les couches peuvent être composées :

- De matériaux graveleux naturels de granulométrie progressive.
- De géotextiles.
- De matériaux bitumineux, etc.

- **La carapace**

Le rôle de la carapace, qui fait l'objet principal des études de dimensionnement et de protéger l'épi de l'action de la houle et donc la dissipation de l'énergie de la houle. Les matériaux utilisés en carapace peuvent être constituée :

- D'engrochement naturels,
- De bloc artificiels massifs en béton.

Les blocs artificiels qui constituent la carapace sont disposés, soit sur deux couches comme dans le cas du tétrapode, ou du dolo, soit sur une seule couche comme pour l'acropode ou le core-loc.

La stabilité de engrochements naturels est assurée en grande partie par leur poids propre. Par contre, certains bloc artificiels (Tétrapode, Acropode) résistent autant à l'action de la houle par leur enchevêtrement que par leur poids propre.

Le système en deux couches utilisées jusqu'à présent pour construire la carapace est de plus en plus remplacé par un système monocouche pour des raisons principalement économiques, de facilité le temps de pose.

**Tableau 6:** Les fonctions des différents éléments d'un épi.

Eléments	Fonctions
Noyau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atténuation de la transmission de la houle.</li> <li>• Support de la carapace et les sous-couches.</li> <li>• Stabilité géotechnique.</li> </ul>
Sous-couche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtre.</li> <li>• Lutte contre l'érosion du noyau et du sol de fondation.</li> <li>• Drainage en surface de l'ouvrage</li> <li>• Nivellement et assise pour le placement de la carapace.</li> <li>• Séparation entre la carapace et les matériaux fins et réduction du gradient hydraulique dans le noyau et le sol de fondation.</li> </ul>
Carapace	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lutte contre l'érosion des sous-couches et du noyau par l'action de la houle.</li> <li>• Dissipation de l'énergie de la houle.</li> </ul>

#### 2.4. Application dans notre zone d'étude :

Suite à l'APD du LEM qui résulte des essais en modèle réduit physique et en fonction des résultats de la réfraction de la houle du Nord 360° qui est la plus défavorable au site d'étude, nous proposons le dimensionnement suivant :

- Le noyau : 1 – 500 Kg.
- Le premier filtre : 3 – 6 t.
- Le deuxième filtre : 1 – 3 t.
- La carapace enrochement : 9 t.

#### 3. Vérification de l'efficacité de la solution proposée :

Afin de valider la solution des épis, nous avons fait une simulation hydro sédimentaire après la mise en place de ces épis.

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous par direction :

- Action des houles de direction (360°N)
- Réfraction de la houle (Spectral Wave, SW)

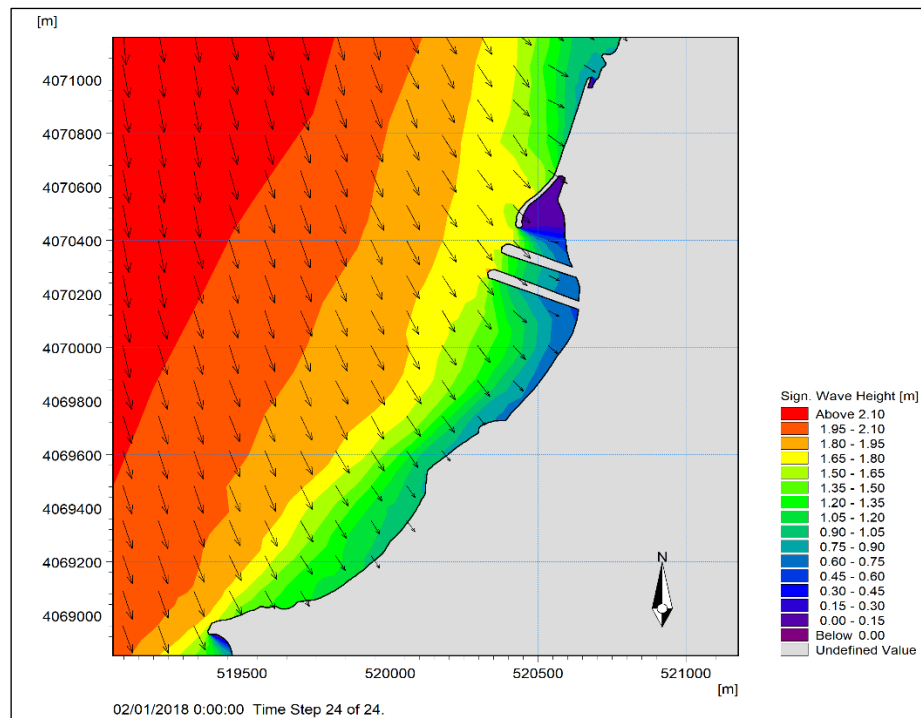


Figure 47: Résultats de réfraction de la houle Nord 360° incidente à l'embouchure d'Oued EL Hamiz avec l'implantation de 2 épis.

- Courantologie (Hydrodynamic, HD)

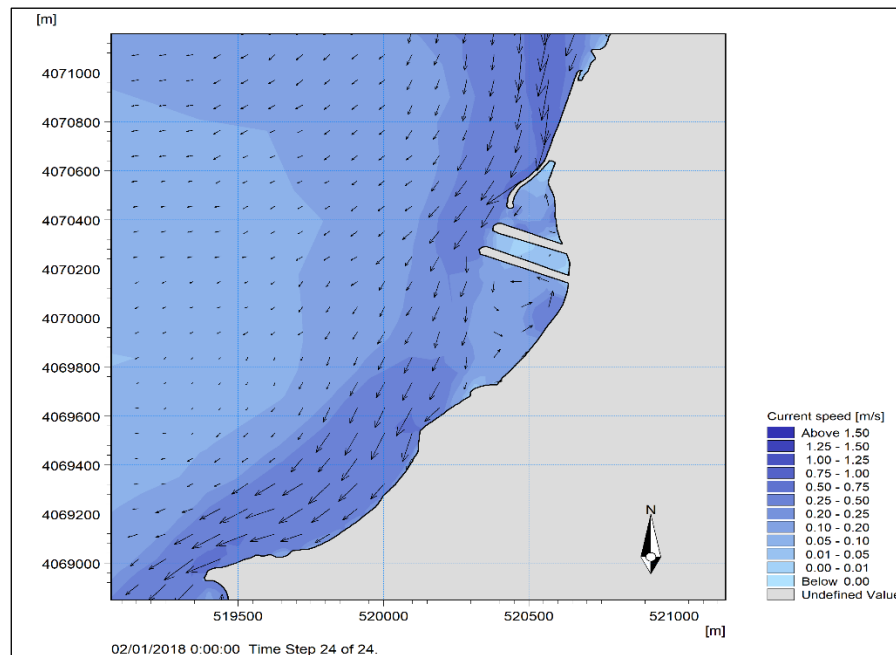
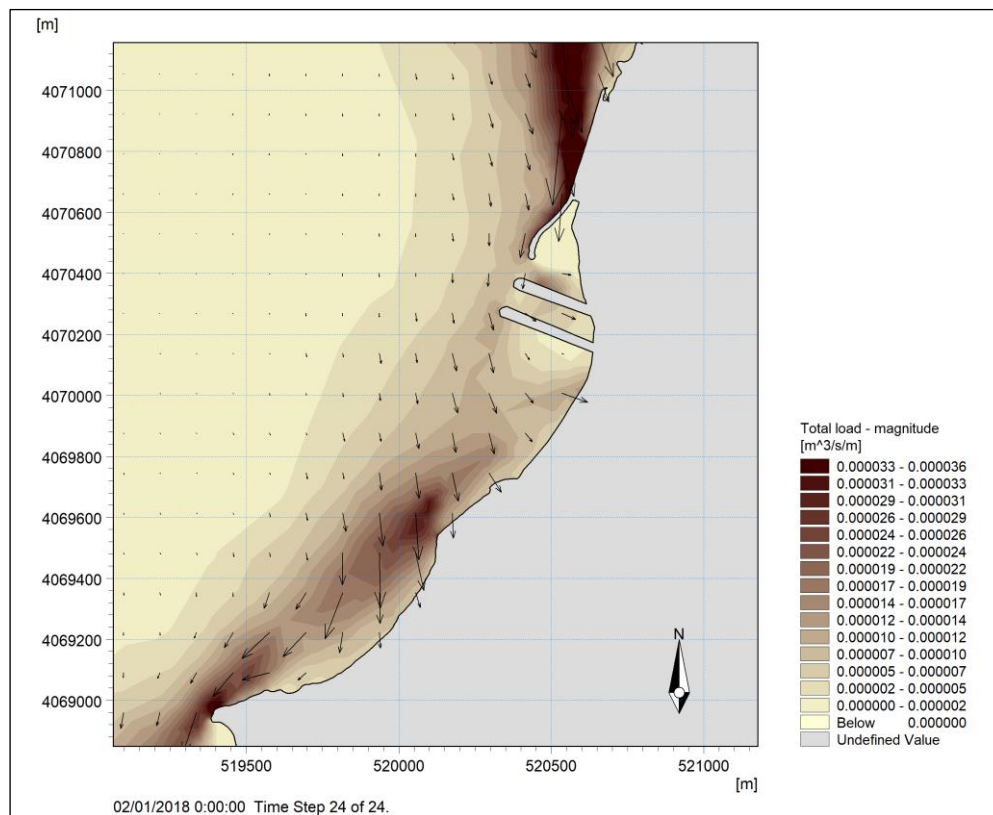


Figure 48: Résultats de courantologie de la houle Nord 360° incidente à l'embouchure d'Oued EL Hamiz avec l'implantation de 2 épis.

- **Transport sédimentaire (Sand Transport, ST)**



**Figure 49:** Résultats de transport sédimentaire de la houle Nord 360° incidente à l'embouchure d'Oued EL Hamiz avec l'implantation de 2 épis.

- **Commentaire :**

Dans la direction N°360 (**Figure 47**) la houle se propage du large vers la cote avec une hauteur de 2.10m qui diminuera à l'approche de notre zone d'étude avec une hauteur de 0.15 m.

Dans la représentation graphique des courants, les vecteurs représentent de par leur sens la direction du courant, leurs longueurs étant proportionnelles au gradient de vitesse.

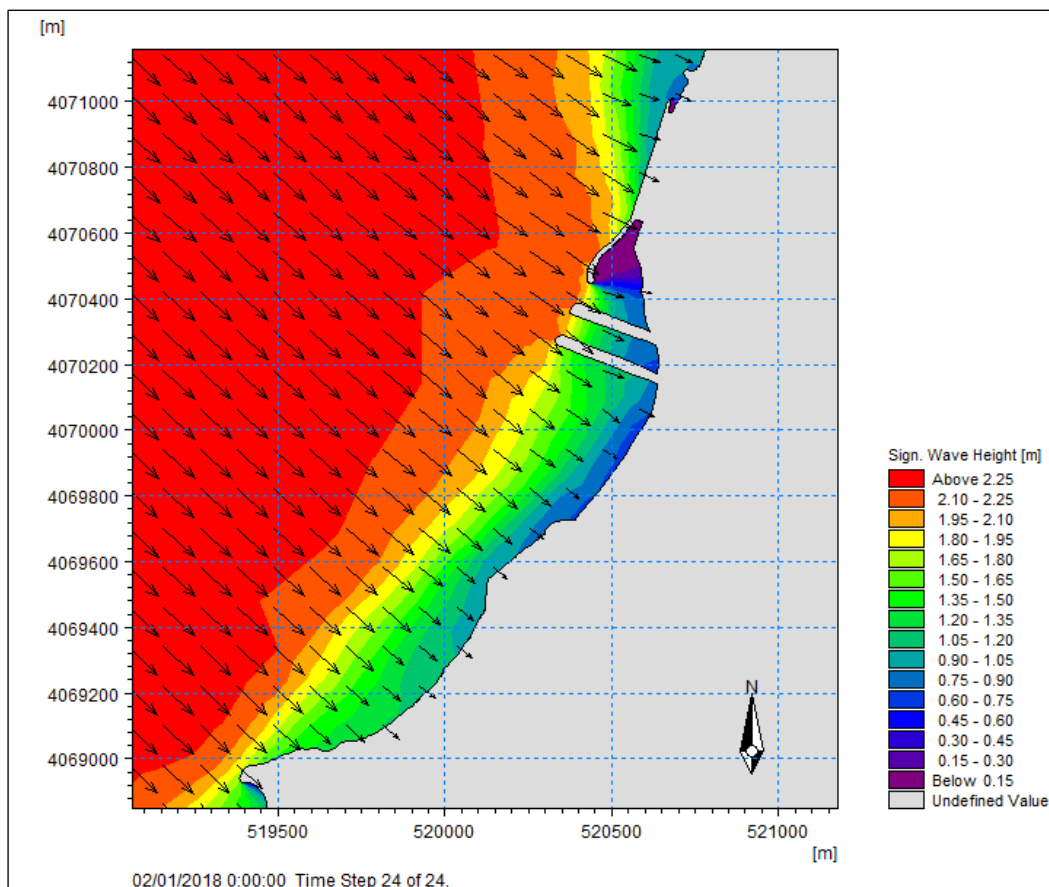
Les deux épis vont dévier les courants de dérive qui alimente l'embouchure par le rapport sédimentaires transportes de l'Est vers l'Ouest, donc en aura pas un problème d'ensablement dans notre zone d'étude.

Sur le plan sédimentologie la capacité de transport solide exprimée en  $m^3 /an /m$ . En sachant que la capacité de transport solide des courants littoraux représente la capacité de ces derniers à mettre en mouvement les particules sédimentaires non cohésives. Notamment, les résultats montrent que notre zone d'étude est sujette au transport sédimentaire (le taux maximal est de  $1135,29 m^3/an /m$ ), ce transport de secteur Nord et Nord-Est qui alimente l'embouchure de

l'Oued va se dévier après la construction des épis vers l'ouest, et une quantité importante se dépose en arrière de l'épi qui favorise l'alimentation de la Coco plage. (Entre le premier épi et la jutée)

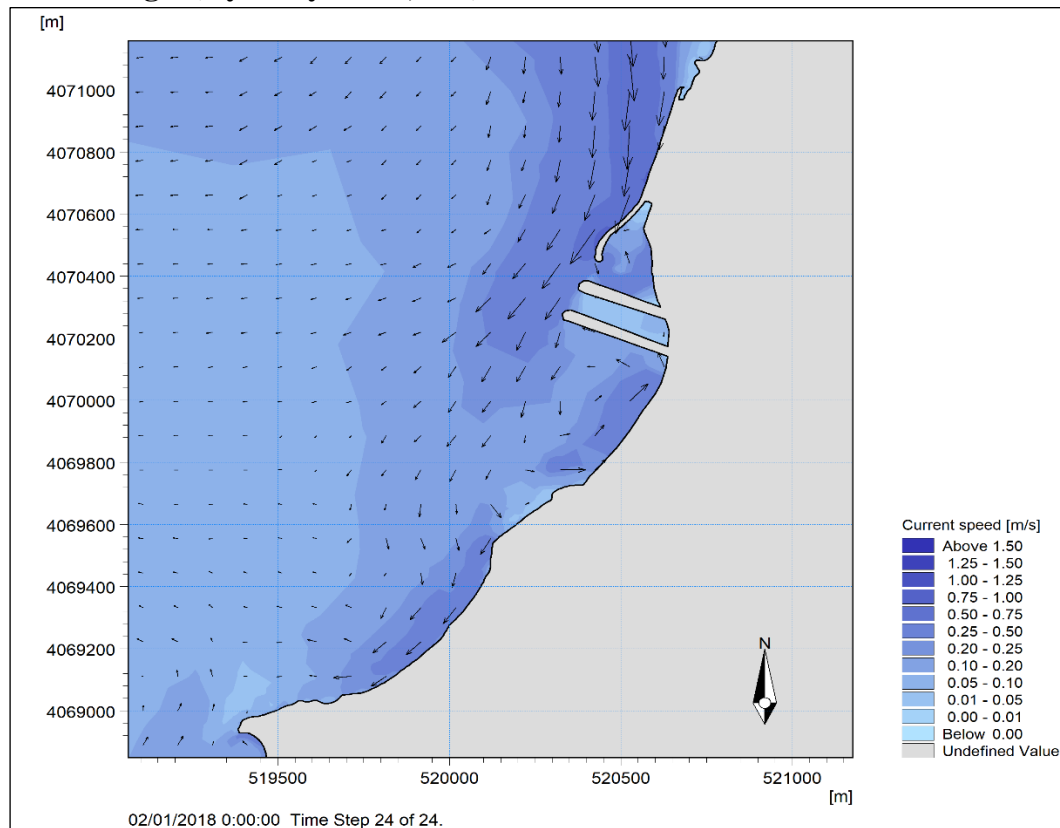
Les sédiments déversés en mer par Oued El Hamiz sont par la suite transportés par les courants de dérive littorale vers l'Ouest. Le bon dimensionnement de l'épi va protéger l'embouchure, et en même temps les rapports sédimentaires transportés par l'Oued vont être transportés directement par le transit sédimentaire dirigé vers l'Ouest à la sortie des deux épis (**Figure 49**), donc il n'y aura pas un problème de blocage de transit sédimentaires qui va provoquer l'érosion à l'Ouest.

- **Action des houles de direction (315°N)**
- **Réfraction de la houle (Spectral Wave, SW)**



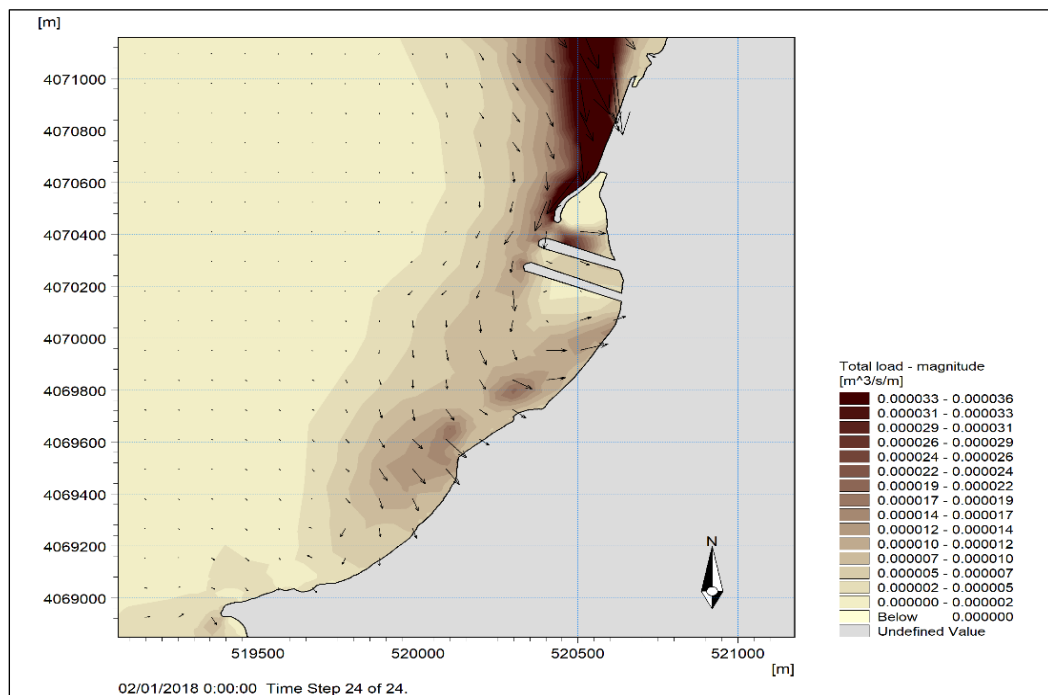
**Figure 50:** Résultats de réfraction de la houle Nord 315° incidente à l'embouchure d'Oued EL Hamiz avec l'implantation de 2 épis

- **Courantologie (Hydrodynamic, HD)**



**Figure 51:** Résultats de courantologie de la houle Nord 315° incidente à l'embouchure d'Oued EL Hamiz avec l'implantation de 2 épis.

- **Transport sédimentaire (Sand Transport, ST)**



**Figure 52:** Résultats de transport sédimentaire de la houle Nord 315° incidente à l'embouchure d'Oued EL Hamiz avec l'implantation de 2 épis

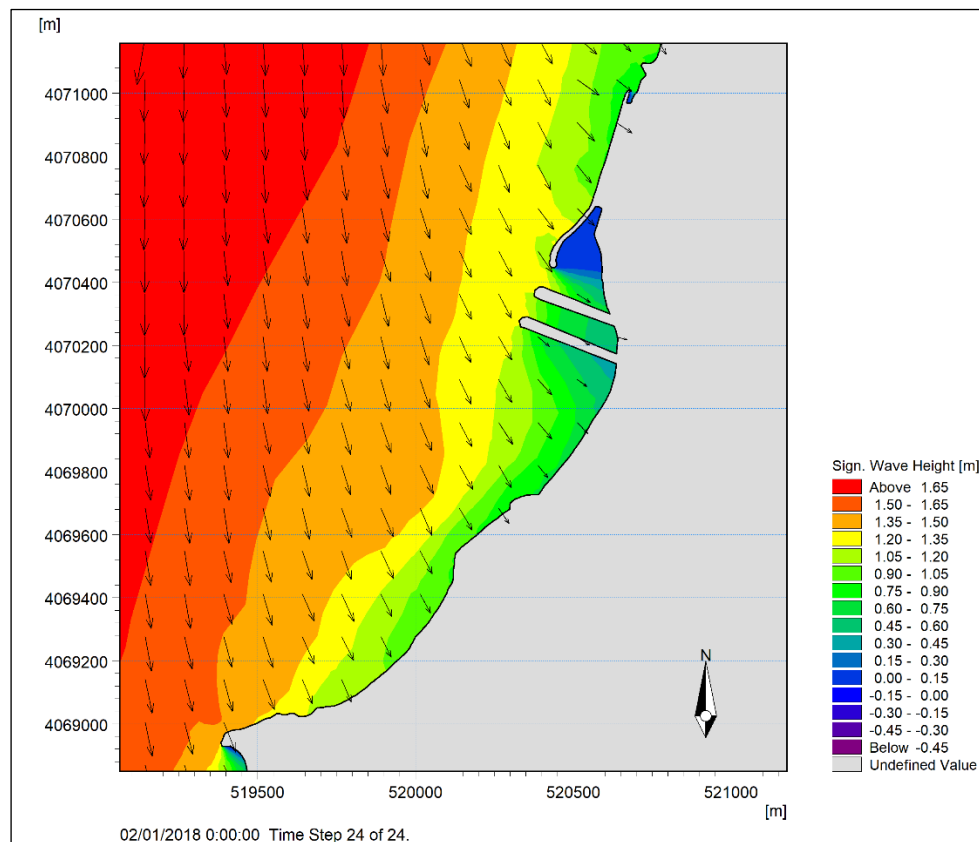
- **Commentaire :**

Dans la direction N°315 (**Figure 50**) la houle se propage du large vers la cote avec une hauteur de 2.25m et diminuera à l'approche de notre zone d'étude avec une hauteur de 0.30 m.

Les Résultats du module HD (**Figure 51**) de la houle Nord 315° montre une petite déviation des courants de dérive vers l'Ouest avec une vitesse moyenne qui varient entre 0,50 à 0,75 m/s après la construction des deux épis, cette intensité des courants générera une dérive des sédiments d'Oued El Hamiz à la sortie des deux épis et les distribuera vers l'Ouest. Donc se transite va alimenter les plages Ouest avec une quantité importante de sédiments.

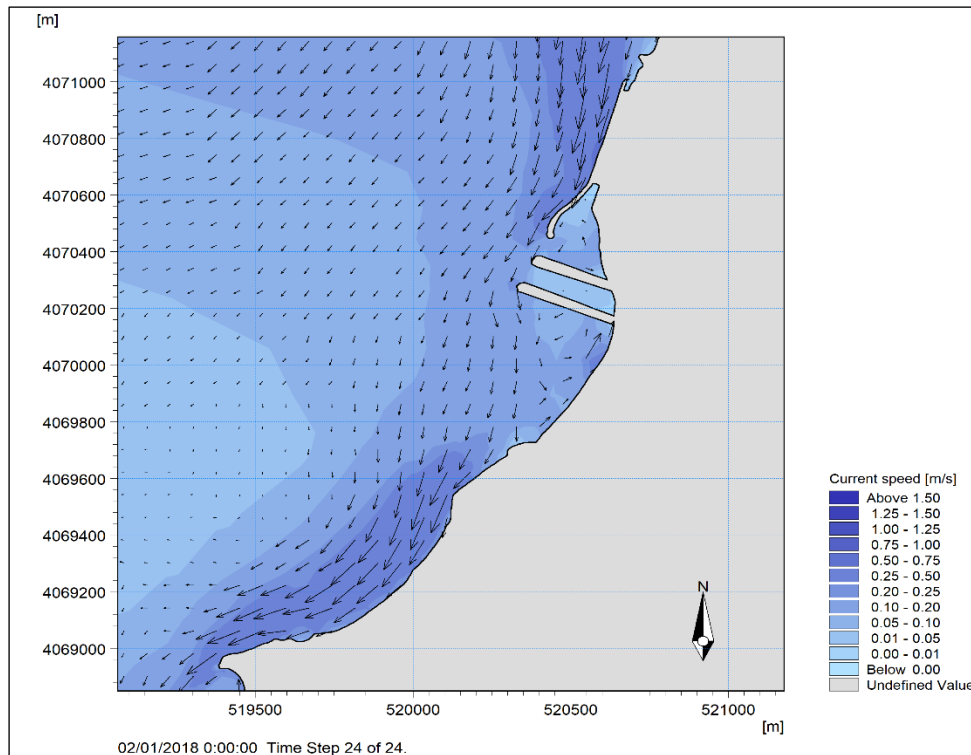
Sur le plan sédimentologique (**Figure 52**) les résultats montrent que notre zone d'étude est sujette au transport sédimentaire, on constate la présence de zone de couleur marron foncé à l'Est du premier épi (entre la jeté et épi) traduisant des capacités de transport solide d'environ 756,86 m<sup>3</sup>/an/m, ce transport de ce secteur alimente cette plage (coco plage).

- **Action des houles de direction (20°N)**
- **Réfraction de la houle (Spectral Wave, SW)**



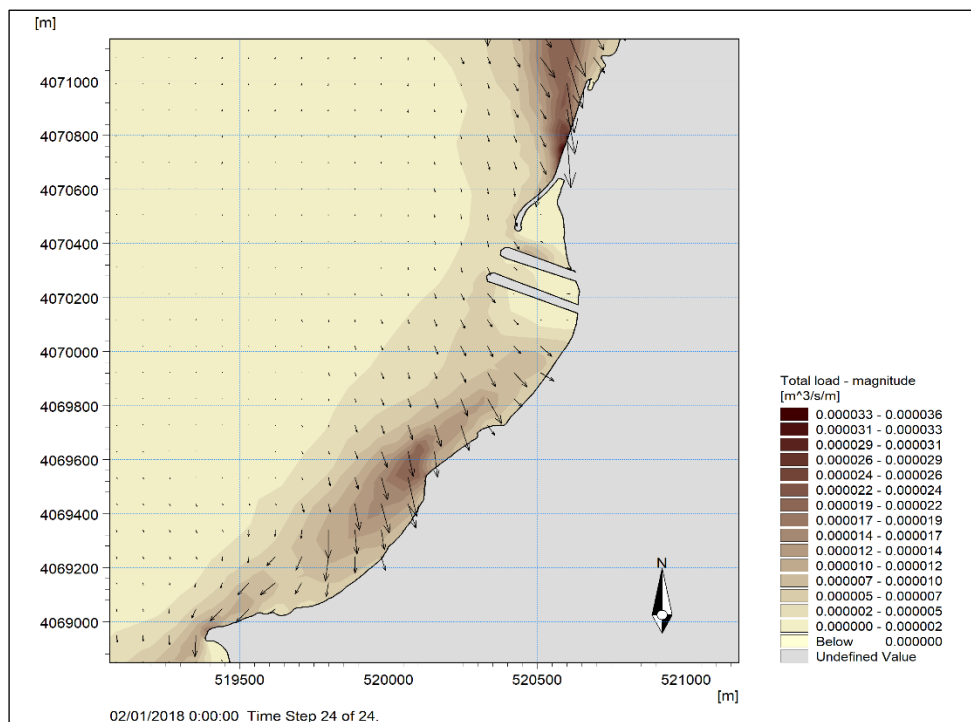
**Figure 53:** Résultats de réfraction de la houle Nord 20° incidente à l'embouchure d'Oued El Hamiz avec l'implantation de 2 épis.

- Courantologie (Hydrodynamic, HD)



**Figure 54:** Résultats de courantologie de la houle Nord 20° incidente à l'embouchure d'Oued El Hamiz avec l'implantation de 2 épis

- Transport sédimentaire (Sand Transport, ST)



**Figure 55:** Résultats de transport sédimentaire de la houle Nord 20° incidente à l'embouchure d'Oued El Hamiz avec l'implantation de 2 épis

- **Commentaire :**

Dans la direction N°20 (**Figure 53**) la houle se propage du large vers la cote avec une hauteur de 1.65m qui se diminue à l'approche de notre zone d'étude avec une hauteur de 0.15 m.

Les Résultats de courantologie de la houle Nord 20° montre une petite déviation des courants de dérive vers l'Ouest avec une vitesse moyenne varier entre 0,25 à 0,50 m/s au niveau de l'exutoire des deux épis, cette intensité des courants de dérive vont transporter directement les sédiments d'Oued El Hamiz à la sortie des deux épis et les distribuer vers l'Ouest et alimentera les plages avec une quantité importante de sédiment.

On remarque aussi une petite déviation de transport sédimentaire vers coco plage qui se situe entre la jetée et le premier épi avec un total de 441 m<sup>3</sup>/an/m qui va favoriser une accumulation au niveau de cette plage.

**CONCLUSION GENERALE**

### Conclusion générale

Ce mémoire portant sur l'étude de faisabilité d'un endiguement contre les inondations au niveau de notre zone d'étude, avait pour principal objectif de mettre en évidence les phénomènes d'érosion et d'accumulation intervenue au niveau de l'embouchure afin d'identifier le risque d'inondation dans cette zone et de proposer les solutions contre ce phénomène et la méthodologie à mettre en place pour y arriver.

La méthodologie mise en avant dans ce travail a réussi à valoriser les apports de la modélisation numérique par l'utilisation du modèle numérique Mike 21 et d'un SIG.

Ces inondations peuvent être due à l'interaction de plusieurs facteurs qui sont une topographie défavorable des terrains caractérisés par des pentes très faibles dans la plaine qui va influencer directement sur la vitesse des eaux de l'oued qui vont stagner directement à l'arrivée de l'embouchure à cause de l'accumulation des sédiments, cette faible vitesse ne suffit pas à transporter cette accumulation vers la mer, au fur et à mesure ces accumulations vont aggraver la situation par ces quantités importantes qui vont provoquer directement l'inondation à laquelle vient s'ajouter la faible perméabilité des sols qui favorise une stagnation des eaux dans l'embouchure qui provoque les phénomènes des crues.

D'après les résultats de l'évolution de trait de côte obtenus on peut constater que la construction de la jetée qui se trouve à l'embouchure en fin de 2019 a créé un problème d'accumulation au niveau de cette embouchure qui favorise le blocage de débit liquide et solide apporté par l'Oued et qui provoque les inondations après l'augmentation du niveau de l'eau au niveau de l'embouchure (crue).

Une simulation qui a été lancée à l'aide de Mike 21 pour bien comprendre l'impact de cette jetée sur le transport sédimentaire et la courantologie régnant dans notre zone d'étude pour identifier le problème d'ensablement de l'embouchure, deux cas ont été testés : le premier, l'état initial (sans jetée) et le deuxième, l'état actuel (avec la jetée) pour étudier l'impact de la jetée qui se trouve à proximité de l'embouchure sur le transport sédimentaire généré dans notre zone.

Enfin, on peut conclure qu'une amélioration des conditions d'écoulement dans l'embouchure pourrait également conduire à une diminution des problèmes d'accumulation d'eaux stagnantes, et on favorise la mise en place de deux épis au niveau d'embouchure qui pourraient améliorer l'écoulement et éliminer l'accumulation, vu qu'elle correspond le mieux aux critères qu'on a mis en œuvre (coûts ; durabilité ; efficacité ; ...).

**Références bibliographiques :**

**Al Sid Chikh, S. (2011).** Etude de protection de la plage de Palm Beach-Azur contre l'érosion : recours à la modélisation numérique et physique. Mémoire d'ingénieur. Gestion et protection du littoral. Alger : ENSSMAL, p 35.

**Belkessa, R. (1991).** Évolution géomorphologique et sédimentologique du bas Isser et de son embouchure. Mémoire d'ingénieur. Gestion et protection du littoral. Alger : ENSSMAL. p. 48.

**Bravard J.P., F. Petit, (1997).** Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial, Paris : Armand Colin. 213 p.

**Berger A., Lacroix P., Lavenu G., et al. (2005).** Support de cours avec exercices pratiques et données. France : Edition ESRI, p. 388.

**Belkebir, R. (2011).** Contribution de l'étude hydro géomorphologique dans la détermination des zones vulnérables aux risques d'inondations, cas d'Oued El Hamiz. Mémoire ingénieur. Géographie et aménagement du territoire. Alger : (USTHB). p. 59.

**Campy, M., Macaire, J. J (1989).** Géologie des formations superficielles.

**(D.R.E.). (2011).** Etude de l'oued Hamiz, mission 1, collecte des données et étude préliminaire. Rapport. Document publié. Alger : D.R.E.

**DHI 2014b.** MIKE 21 Spectral Wave Module. Documentation [en ligne].

[Consulté le15/04/2021]. Disponible sur le Web

[www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW\\_Scientific\\_Doc.pdf](http://www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW_Scientific_Doc.pdf).

**DHI 2014c.** MIKE 21/3 Couple Model FM. Documentation [en ligne]. [Consulté le15/04/2021]. *Disponible sur le web*

[www.mediafire.com/view/4extjtmhec4v69v/MIKE\\_213\\_Coupled\\_Model\\_FM.pdf](http://www.mediafire.com/view/4extjtmhec4v69v/MIKE_213_Coupled_Model_FM.pdf).

**Djebali, K. (2015).** Contribution à l'étude de l'aléa 'inondations' : Genèse et prédiction, Cas de la vallée d'El-Abadia (w. Ain Defla). Mémoire d'ingénieur. Hydraulique. Blida : école nationale supérieure d'hydraulique. P 67.

**Dahmani. A, (2019).**, Quelques notes essentielles du cours de la modélisation numérique, Généralités et application sur Mike. Cour de modélisation numérique 4eme année gestion et protection du littoral, *ENSSMAL*, P.P.15- 21.

**Dahmani. A, (2019).**, Notes de cours de Génie Côtier. Cour de génie côtier 4eme année Gestion et Protection de littoral, *ENSSMAL*.

**J.O.R.A.** (Journal Officiel de la République Algérienne démocratique et populaire), 29 décembre 2004. Alger, p.p. 13-21.

**Keraghel.M, (2021).**, Application sur l'étude de l'évolution du trait de côte (extension DSAS sur Arc Gis). Cour de cartographie, *ENSSMAL* 2021, p 04.

**Labiod. C, (2017).** Etude d'aménagement de l'oued El Hamiz Daïra Dar El Beida, Mémoire ingéniorat. Géographie et aménagement du territoire : USTHB. P 48.

**LEM. (2015).**

Rapport de mission n°1 : collecte des données de base sur le site d'étude de l'Oued El Hamiz.

Rapport de mission n°2 : reconnaissance générale sur site.

Manuel d'ArcGIS. Créer une surface TIN—ArcGIS Pro | Documentation [en ligne]. [Consulté le15/04/2021]. Disponible sur le web : « URL

<https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/help/data/tin/createa-tinsurface.htm>

(accessed10.15.20) ».

**Nezzal F., Belkebir R., Benhaida A (2015)** Risque d'inondations dans le bassin versant de L'Oued Hamiz (Baie d'Alger). 3680, n°22, p.p. 81-89.

**Nouri M., Ozer A., 2014.** Le tissu urbain face aux risques naturels : cas de la baie de Tipaza-Algérie. *Geo-Eco-Trop*, 38, p.p 103-110.

**ONM** : l'office Nationale de la Météorologie (2017).

## Annexes

**Tableau 1** : Données bathymétriques utilisées dans le calcul de la réfraction de la houle

Points	X	Y	Profondeurs
1	520418	4069974	-2
2	520555	4070086	
3	520494	4070400	
4	520555	4070505	
5	520509	4070103	-3
6	520448	4070200	
7	520435	4070454	
8	520518	4070651	
9	520537	4070839	-4
10	520315	4070183	
11	520407	4070483	
12	520432	4070622	
13	520455	4070753	-5
14	520452	4070978	
15	520263	4070137	
16	520287	4070308	
17	520361	4070529	-6
18	520367	4070658	
19	520376	4070829	
20	520248	4070300	
21	520324	4070376	-7
22	520300	4070512	
23	520296	4070683	
24	520289	4070783	
25	520078	4070113	-8
26	520156	4070310	
27	520206	4070498	
28	520215	4070666	
29	520243	4070678	-9
30	519912	4070069	
31	520084	4070317	
32	520128	4070515	
33	520121	4070668	-9
34	520152	4070778	
35	519882	4070144	
36	519984	4070266	
37	520045	4070473	-9
38	520032	4070656	
39	52063	4070858	

40	519760	4070174	-10
41	519927	4070322	
42	519962	4070505	
43	519925	4070678	
44	519941	4070824	
45	519727	4070305	-11
46	519805	4070403	
47	519838	4070507	
48	519832	4070761	
49	519853	4070907	
50	519651	4070405	-12
51	519710	4070510	
52	519718	4070671	
53	519701	4070824	
54	519749	4070983	

- Cinquantennales (50 ans) :

**Tableau 2** : résultats numériques de la réfraction de la houle (H=7.87, Tp=13.58, MWD N360°)

	X	Y	HS	TP	Direction	Prof.(m)
1	520418	4069974	1,44	10,12	13	-2
2	520555	4070086	1,14	9,74	14	-2
3	520494	4070400	1,04	9,57	18	-2
4	520555	4070505	1,71	10,68	15	-2
5	520509	4070103	1,52	10,56	15	-3
6	520448	4070200	1,39	10,10	15	-3
7	520435	4070454	1,70	10,61	16	-3
8	520518	4070651	2,46	11,12	16	-3
9	520537	4070839	2,19	11,03	18	-3
10	520315	4070183	2,01	11,15	16	-4
11	520407	4070483	2,48	11,16	13	-4
12	520432	4070622	2,76	11,27	16	-4
13	520455	4070753	2,80	11,34	19	-4
14	520452	4070978	2,74	11,43	16	-4
15	520263	4070137	2,76	11,68	16	-5
16	520287	4070308	2,60	11,23	13	-5
17	520361	4070529	3,12	11,46	15	-5
18	520367	4070658	3,11	11,47	17	-5
19	520376	4070829	3,11	11,54	19	-5
20	520248	4070300	3,23	11,73	15	-6
21	520324	4070376	3,30	11,55	15	-6
22	520300	4070512	3,08	11,43	16	-6
23	520296	4070683	3,34	11,60	17	-6
24	520289	4070783	3,44	11,73	18	-6

25	520078	4070113	3,56	11,85	16	-7
26	520156	4070310	3,31	11,63	14	-7
27	520206	4070498	3,64	11,74	15	-7
28	520215	4070666	3,68	11,79	17	-7
29	520243	4070678	3,75	11,87	18	-7
30	519912	4070069	3,65	11,82	18	-8
31	520084	4070317	3,88	11,90	14	-8
32	520128	4070515	3,91	11,88	15	-8
33	520121	4070668	3,99	11,94	18	-8
34	520152	4070778	4,11	12,03	18	-8
35	519882	4070144	4,10	12,07	17	-9
36	519984	4070266	4,28	12,03	14	-9
37	520045	4070473	4,20	12,00	15	-9
38	520032	4070656	4,24	12,05	18	-9
39	52063	4070858	4,41	12,16	18	-9
40	519760	4070174	4,66	12,19	15	-10
41	519927	4070322	4,46	12,12	16	-10
42	519962	4070505	4,51	12,18	18	-10
43	519925	4070678	4,76	12,31	18	-10
44	519941	4070824	4,88	12,38	18	-10
45	519727	4070305	4,93	12,31	16	-11
46	519805	4070403	4,85	12,29	17	-11
47	519838	4070507	4,86	12,32	17	-11
48	519832	4070761	5,15	12,46	18	-11
49	519853	4070907	5,25	12,52	18	-11
50	519651	4070405	5,22	12,43	17	-12
51	519710	4070510	5,19	12,43	18	-12
52	519718	4070671	5,34	12,51	18	-12
53	519701	4070824	5,57	12,60	18	-12
54	519749	4070983	5,64	12,65	18	-12

**Tableau 3** : résultats numériques de la réfraction de la houle (H=6.65m, Tp=12.60, MWD N315°).

	X	Y	HS	TP	Direction	Prof.(m)
1	520417,5	4069974	1,43	9,57	308	-2
2	520554,8	4070086	1,14	9,24	304	-2
3	520493,8	4070400	1,07	9,11	291	-2
4	520554,8	4070505	1,71	10,13	298	-2
5	520509	4070103	1,54	10,01	296	-3
6	520448	4070200	1,41	9,57	302	-3
7	520434,9	4070454	1,72	10,06	298	-3
8	520517,7	4070651	2,48	10,54	299	-3
9	520537	4070839	2,24	10,42	294	-3

10	520315,1	4070183	2,12	10,51	294	-4
11	520406,6	4070483	2,47	10,57	306	-4
12	520432	4070622	2,81	10,68	299	-4
13	520454,6	4070753	2,87	10,72	296	-4
14	520452,4	4070978	2,85	10,76	300	-4
15	520262,9	4070137	2,97	11,00	298	-5
16	520286,8	4070308	2,59	10,63	308	-5
17	520360,9	4070529	3,15	10,86	303	-5
18	520367,4	4070658	3,19	10,86	299	-5
19	520376,1	4070829	3,20	10,90	298	-5
20	520247,6	4070300	3,35	11,05	304	-6
21	520323,9	4070376	3,33	10,94	305	-6
22	520299,9	4070512	3,12	10,83	301	-6
23	520295,5	4070683	3,43	10,98	300	-6
24	520289	4070783	3,54	11,07	302	-6
25	520077,7	4070113	3,67	11,17	304	-7
26	520156,1	4070310	3,31	10,99	311	-7
27	520206,2	4070498	3,70	11,12	306	-7
28	520214,9	4070666	3,79	11,15	301	-7
29	520243,3	4070678	3,85	11,20	302	-7
30	519912,1	4070069	3,74	11,16	302	-8
31	520084,2	4070317	3,95	11,23	311	-8
32	520127,8	4070515	4,02	11,24	307	-8
33	520121,3	4070668	4,12	11,28	303	-8
34	520151,8	4070778	4,23	11,36	303	-8
35	519881,6	4070144	4,21	11,38	306	-9
36	519984	4070266	4,37	11,35	311	-9
37	520045	4070473	4,32	11,34	309	-9
38	520032	4070656	4,41	11,38	304	-9
39	52062,5	4070858	4,57	11,47	305	-9
40	519759,7	4070174	4,82	11,50	312	-10
41	519927,4	4070322	4,64	11,45	308	-10
42	519962,2	4070505	4,73	11,50	305	-10
43	519925,2	4070678	4,96	11,60	307	-10
44	519940,5	4070824	5,05	11,66	308	-10
45	519727	4070305	5,12	11,62	311	-11
46	519805,4	4070403	5,06	11,60	309	-11
47	519838,1	4070507	5,10	11,62	307	-11
48	519831,5	4070761	5,34	11,73	309	-11
49	519853,3	4070907	5,43	11,78	309	-11
50	519650,7	4070405	5,45	11,72	311	-12
51	519709,6	4070510	5,43	11,72	309	-12
52	519718,3	4070671	5,58	11,79	309	-12
53	519700,8	4070824	5,76	11,86	310	-12
54	519748,8	4070983	5,81	11,90	311	-12

**Tableau 4** : résultats numériques de la réfraction de la houle (H=7.87m, Tp=13.58, MWD N20°)

	X	Y	HS	TP	Direction	Prof.(m)
1	520418	4069974	1,42	10,01	319	-2
2	520555	4070086	1,12	9,63	313	-2
3	520494	4070400	1,03	9,44	299	-2
4	520555	4070505	1,68	10,57	310	-2
5	520509	4070103	1,50	10,46	306	-3
6	520448	4070200	1,37	9,98	312	-3
7	520435	4070454	1,67	10,50	310	-3
8	520518	4070651	2,40	11,02	314	-3
9	520537	4070839	2,13	10,94	308	-3
10	520315	4070183	1,92	11,06	305	-4
11	520407	4070483	2,42	11,04	321	-4
12	520432	4070622	2,68	11,18	316	-4
13	520455	4070753	2,71	11,25	314	-4
14	520452	4070978	2,63	11,35	317	-4
15	520263	4070137	2,59	11,58	312	-5
16	520287	4070308	2,55	11,11	324	-5
17	520361	4070529	3,02	11,35	321	-5
18	520367	4070658	3,00	11,38	319	-5
19	520376	4070829	3,00	11,45	319	-5
20	520248	4070300	3,07	11,65	324	-6
21	520324	4070376	3,18	11,44	323	-6
22	520300	4070512	2,98	11,32	319	-6
23	520296	4070683	3,21	11,50	321	-6
24	520289	4070783	3,31	11,65	324	-6
25	520078	4070113	3,40	11,77	327	-7
26	520156	4070310	3,20	11,51	330	-7
27	520206	4070498	3,47	11,63	326	-7
28	520215	4070666	3,50	11,68	323	-7
29	520243	4070678	3,58	11,78	326	-7
30	519912	4070069	3,49	11,74	325	-8
31	520084	4070317	3,66	11,79	332	-8
32	520128	4070515	3,68	11,76	328	-8
33	520121	4070668	3,76	11,83	326	-8
34	520152	4070778	3,89	11,94	329	-8
35	519882	4070144	3,89	11,98	331	-9
36	519984	4070266	3,97	11,92	334	-9
37	520045	4070473	3,90	11,89	332	-9
38	520032	4070656	3,95	11,94	329	-9
39	52063	4070858	4,12	12,06	332	-9
40	519760	4070174	4,25	12,08	340	-10
41	519927	4070322	4,08	12,01	333	-10
42	519962	4070505	4,14	12,07	332	-10

43	519925	4070678	4,39	12,20	336	-10
44	519941	4070824	4,52	12,28	338	-10
45	519727	4070305	4,44	12,20	340	-11
46	519805	4070403	4,40	12,18	338	-11
47	519838	4070507	4,42	12,21	337	-11
48	519832	4070761	4,69	12,36	340	-11
49	519853	4070907	4,79	12,43	341	-11
50	519651	4070405	4,64	12,33	342	-12
51	519710	4070510	4,67	12,33	341	-12
52	519718	4070671	4,81	12,41	342	-12
53	519701	4070824	5,00	12,51	344	-12
54	519749	4070983	5,07	12,57	345	-12

- **Vingtennales 20(ans) :**

**Tableau 5** : résultats numériques de la réfraction de la houle (H=7.02, Tp=12.92, MWD N360°)

	X	Y	HS	TP	DIR	Prof.(m)
1	520418	4069974	1,42	9,69	316	-2
2	520555	4070086	1,12	9,31	311	-2
3	520494	4070400	1,03	9,15	297	-2
4	520555	4070505	1,68	10,21	308	-2
5	520509	4070103	1,50	10,09	304	-3
6	520448	4070200	1,38	9,66	310	-3
7	520435	4070454	1,67	10,15	307	-3
8	520518	4070651	2,42	10,64	310	-3
9	520537	4070839	2,16	10,55	305	-3
10	520315	4070183	1,98	10,65	303	-4
11	520407	4070483	2,44	10,68	317	-4
12	520432	4070622	2,72	10,78	312	-4
13	520455	4070753	2,75	10,83	310	-4
14	520452	4070978	2,70	10,92	313	-4
15	520263	4070137	2,71	11,14	309	-5
16	520287	4070308	2,56	10,75	320	-5
17	520361	4070529	3,06	10,97	316	-5

18	520367	4070658	3,06	10,97	314	-5
19	520376	4070829	3,06	11,03	314	-5
20	520248	4070300	3,17	11,20	319	-6
21	520324	4070376	3,23	11,06	318	-6
22	520300	4070512	3,02	10,94	314	-6
23	520296	4070683	3,28	11,10	316	-6
24	520289	4070783	3,38	11,21	318	-6
25	520078	4070113	3,49	11,32	321	-7
26	520156	4070310	3,25	11,14	325	-7
27	520206	4070498	3,56	11,24	321	-7
28	520215	4070666	3,60	11,28	318	-7
29	520243	4070678	3,67	11,35	319	-7
30	519912	4070069	3,57	11,30	319	-8
31	520084	4070317	3,78	11,40	326	-8
32	520128	4070515	3,80	11,38	322	-8
33	520121	4070668	3,88	11,42	320	-8
34	520152	4070778	3,99	11,51	322	-8
35	519882	4070144	3,98	11,53	324	-9
36	519984	4070266	4,13	11,52	328	-9
37	520045	4070473	4,06	11,50	325	-9
38	520032	4070656	4,10	11,53	322	-9
39	52063	4070858	4,25	11,63	324	-9
40	519760	4070174	4,45	11,68	331	-10
41	519927	4070322	4,28	11,61	326	-10
42	519962	4070505	4,32	11,66	324	-10
43	519925	4070678	4,52	11,77	327	-10
44	519941	4070824	4,61	11,83	328	-10
45	519727	4070305	4,64	11,79	331	-11

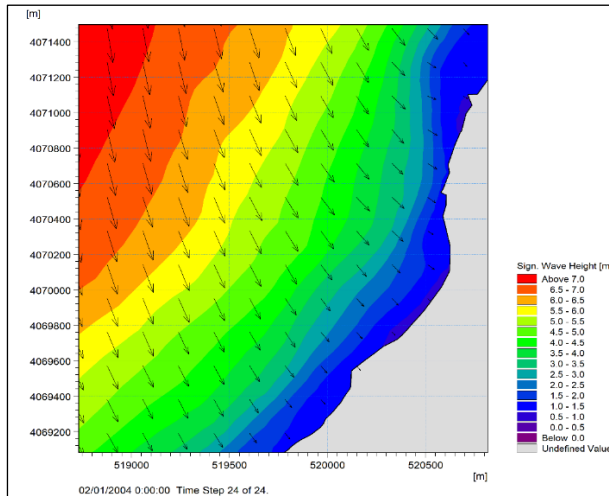
46	519805	4070403	4,59	11,77	329	-11
47	519838	4070507	4,59	11,79	328	-11
48	519832	4070761	4,80	11,92	330	-11
49	519853	4070907	4,84	11,97	331	-11
50	519651	4070405	4,85	11,91	332	-12
51	519710	4070510	4,83	11,90	331	-12
52	519718	4070671	4,93	11,97	332	-12
53	519701	4070824	5,06	12,05	333	-12
54	519749	4070983	5,08	12,10	334	-12

**Tableau 6** : résultats numériques de la réfraction de la houle (H=6.79m, Tp=12.72, MWD N20°)

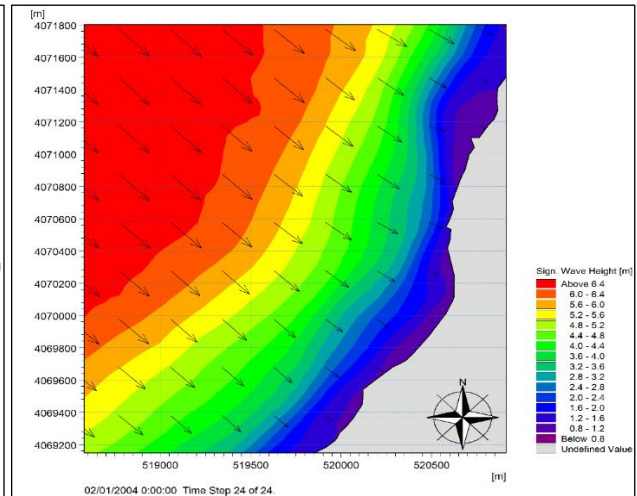
	X	Y	HS	TP	Direction	Prof.(m)
1	520418	4069974	1,40	9,64	319	-2
2	520555	4070086	1,11	9,27	313	-2
3	520494	4070400	1,01	9,08	299	-2
4	520555	4070505	1,65	10,16	310	-2
5	520509	4070103	1,47	10,04	306	-3
6	520448	4070200	1,35	9,61	312	-3
7	520435	4070454	1,64	10,10	310	-3
8	520518	4070651	2,34	10,59	314	-3
9	520537	4070839	2,08	10,50	307	-3
10	520315	4070183	1,87	10,58	304	-4
11	520407	4070483	2,36	10,64	321	-4
12	520432	4070622	2,60	10,74	315	-4
13	520455	4070753	2,63	10,79	314	-4
14	520452	4070978	2,54	10,87	317	-4
15	520263	4070137	2,46	11,05	312	-5
16	520287	4070308	2,47	10,71	324	-5
17	520361	4070529	2,89	10,93	321	-5
18	520367	4070658	2,89	10,93	318	-5
19	520376	4070829	2,89	10,99	318	-5
20	520248	4070300	2,91	11,14	323	-6
21	520324	4070376	3,02	11,01	323	-6
22	520300	4070512	2,86	10,90	319	-6
23	520296	4070683	3,06	11,06	320	-6
24	520289	4070783	3,14	11,17	323	-6

25	520078	4070113	3,18	11,27	326	-7
26	520156	4070310	3,02	11,11	329	-7
27	520206	4070498	3,21	11,20	326	-7
28	520215	4070666	3,27	11,24	323	-7
29	520243	4070678	3,34	11,31	325	-7
30	519912	4070069	3,28	11,26	324	-8
31	520084	4070317	3,32	11,40	331	-8
32	520128	4070515	3,30	11,34	328	-8
33	520121	4070668	3,42	11,38	326	-8
34	520152	4070778	3,52	11,46	328	-8
35	519882	4070144	3,51	11,48	330	-9
36	519984	4070266	3,46	11,52	333	-9
37	520045	4070473	3,40	11,47	331	-9
38	520032	4070656	3,48	11,50	328	-9
39	52063	4070858	3,60	11,59	330	-9
40	519760	4070174	3,54	11,68	337	-10
41	519927	4070322	3,47	11,59	332	-10
42	519962	4070505	3,53	11,63	330	-10
43	519925	4070678	3,65	11,74	333	-10
44	519941	4070824	3,71	11,80	335	-10
45	519727	4070305	3,62	11,79	338	-11
46	519805	4070403	3,61	11,76	335	-11
47	519838	4070507	3,62	11,78	334	-11
48	519832	4070761	3,75	11,90	336	-11
49	519853	4070907	3,76	11,95	337	-11
50	519651	4070405	3,72	11,91	339	-12
51	519710	4070510	3,74	11,90	338	-12
52	519718	4070671	3,80	11,96	338	-12
53	519701	4070824	3,89	12,04	340	-12
54	519749	4070983	3,88	12,08	341	-12

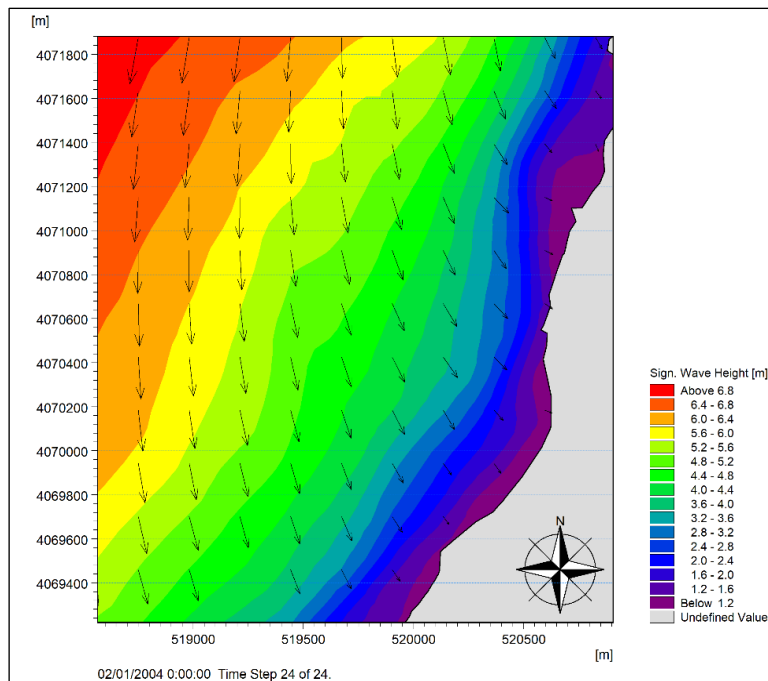
- Réfraction de la houle (Spectral Wave, SW)
- Cinquantennales (50 ans) :



(H=7.87, Tp=13.58, MWD N360°)

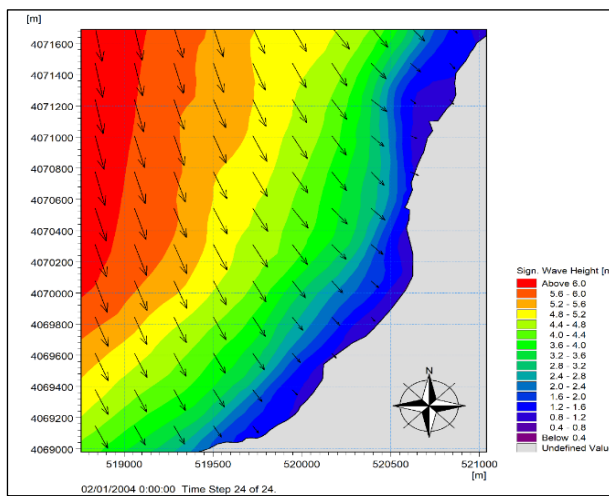


(H=6.65m, Tp=12.60, MWD N315°)

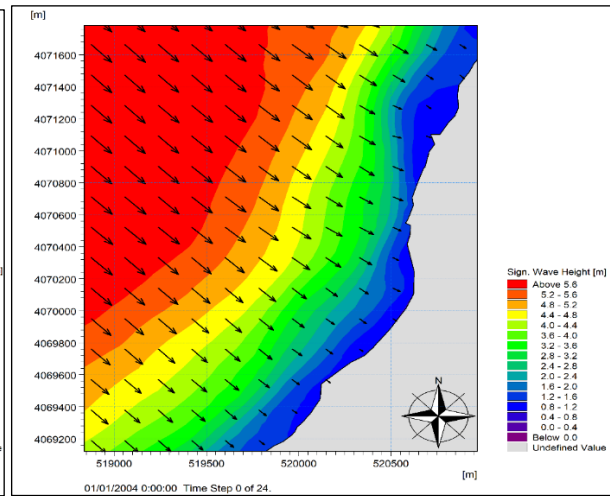


(H=7.87m, Tp=13.58, MWD N20°)

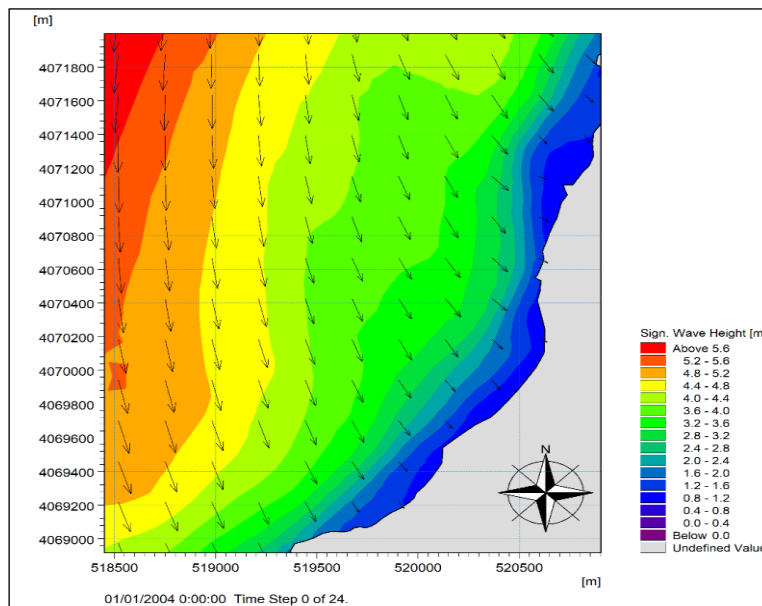
- Réfraction de la houle (Spectral Wave, SW)
- Vingtennales 20(ans) :



(H=7.02, Tp=12.92, MWD N360°)



(H=5.94m, Tp=11.96, MWD N315°)



(H=6.79m, Tp=12.72, MWD N20°)

### Résumé

Ce travail représente une étude d'aménagement dans le cadre de la protection contre les inondations. L'aménagement de l'Oued El Hamiz est le résultat de différentes études le long de la zone (l'embouchure de l'Oued sur la baie d'Alger). Notre étude a commencé par la présentation du site, de la méthodologie et du matériel que nous avons utilisé. Et à l'aide du modèle Mike 21, nous avons tenté de simuler l'hydro-dynamique existant à l'embouchure de l'oued et de déterminer les différentes directions défavorables au niveau du site pour proposer une solution durable et efficace en prenant en considération le coût et les délais de réalisation.

### Mots clés :

Aménagement, Oued El Hamiz, Inondation, Crue, ArcGIS, Mike 21, Modélisation numérique,

---

### ملخص

يمثل هذا العمل دراسة تنموية في سياق الحماية من الفيضانات. تطوير واد الحمير هو نتيجة دراسات مختلفة على طول المنطقة (مصب واد على خليج الجزائر العاصمة). بدأت دراستنا بعرض الموقع والمنهجية والمواد التي استخدمناها. وباستخدام نموذج Mike 21، حاولنا محاكاة الديناميكيات المائية الموجودة عند مصب الوادي وتحديد مختلف الاتجاهات غير المواتية على مستوى الموقع لاقتراح حل دائم وفعال من خلال مراعاة التكلفة والوقت من الإدراك.

### الكلمات المفتاحية:

التنمية، واد الحمير، فيضان، ArcGIS، Mike 21، نمذجة عددية،

---

### Abstract

This work represents a development study in the context of flood protection. The development of Oued El Hamiz is the result of various studies along the area (the mouth of the Oued on the bay of Algiers). Our study began with the presentation of the site, the methodology and the material that we used. And using the Mike 21 model, we tried to simulate the hydro-dynamics existing at the mouth of the wadi and to determine the various unfavorable directions at the site level to propose a durable and effective solution by taking into account consideration the cost and the time of realization.

### Key words :

Development, Oued El Hamiz, flood, ArcGIS, Mike 21, numerical modeling.